

JUSTUS von LIEBIG

**KÉMIA ALKALMAZÁSA A
MEZŐGAZDASÁGBAN
ÉS A NÖVÉNYÉLETTANBAN
1840-1876**

**A magyar kiadást szerkesztette és kiadja
DR. KÁDÁR IMRE**

**Magyar Tudományos Akadémia
Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete**

Budapest, 1996.

JUSTUS von LIEBIG

**KÉMIA ALKALMAZÁSA A
MEZŐGAZDASÁGBAN
ÉS A NÖVÉNYÉLETTANBAN**

1840-1876

**A magyar kiadást szerkesztette és kiadja
DR. KÁDÁR IMRE**

**Magyar Tudományos Akadémia
Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete**

Budapest, 1996.

A fordítás alapjául szolgáló eredeti mű:

Justus von Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Neunte Auflage. Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn. Braunschweig, 1876.

Fordította: Dr. Thamm Frigyesné

Dr. Balla Alajosné (Az istállótrágya-gazdálkodás fejezet)

Fordítást ellenőrizte: Dr. Kádár Imre és Dr. Sarkadi János

Technikai szerkesztő: Dr. Pintér Nándorné

ISBN: 963-04-5503-X

Dr. Kádár Imre, 1996

Minden jog fenntartva

Megjelent 1000 példányban
Önköltségi ár: 3500 Ft

Tartalom

A szerző előszava (Giessen, 1840. augusztus 1.)	11
A szerző előszava (München, 1862. szeptember)	13
A szerző előszava a VIII. kiadáshoz (München, 1864. november)	15
A kiadó Zöller előszava a IX. kiadáshoz (Bécs, 1876. július)	17
Előszó a magyar kiadáshoz	18

Bevezetés

A mezőgazdaság 1840 előtt.....	21
Uralkodó nézetek a talajtermékenység okairól. Terméketlenné válás a művelésbevitel nyomán. Az istállótrágya hatékonyságáról. Talajerőtől függ a termés, mely minden talaj sajátja és a gazda művészete kelti életre. A márga, gipsz és mészmint serkentő anyagok. Az üzem egyik fő feladata a trágyatermelés. Takarmánynövények mint trágyaelőállítók. A trágya mint termésképző. A szántók kimerülésének, betegségének okai. Elmélet a gazda szemszögéből. A gyakorlat igénye a tudománnyal szemben.	
A mezőgazdaság 1840 után	25
A kémia szerepe az életjelenségek, élő szervezetek kutatásában. A kutatás módszerei. Növényi hamualkotók mint növényi tápelemek. Talajból való kivonásuk a terméketlenné válást, pótlásuk a termékenység megőrzését jelenti. Trágyában vannak a hamualkotók, a trágya minősége és hatása ezen anyagok függvénye. A gazda feladata. A gazdálkodást természeti törvények uralják. Ismeretük fontossága. A növényi tápanyagok szerves természetűek.	
Az ásványi elmélet története.....	27
A növényi táplálkozás alapelvei. Ellentmondás a korábbi nézetekkel. A szén eredete a vadon termő és termesztett növényekben De Saussure szerint. A növények szénkészlete az atmoszféra szén-savából származik. Knop és Stohmann közvetlen vizsgálatai. Az ammónia ill. salétromsav a növények közvetlen N-forrása. Az ammónia előfordulása. De Saussure szerint az ammónia nem növényi tápanyag. Salétromsav képződése ammóniából. A foszforsav mint növényi tápanyag, De Saussure. Alkáliák és föld-alkáliák mint növényi tápanyagok. De Saussure, Sprengel nézetei. Hamualkotók fontossága a növénytáplálásban. Kémiai kísérletek végzése. A protein. Mulder. Műtrágyák fontossága a növénytáplálásban és elismertetésük az oktatásban.	
Az ásványi trágyák története	32

Gyártásuk alapelvei és módszerei. Az oldható tápanyagok gyors hatásúak. Lawes műtrágyázási kísérletei. Pusey nézetei a kémia mezőgazdaságra gyakorolt hatásáról. Lawes szerves és szervetlen trágya felosztása, és ennek hatása az ásványi elméletre. Az ammónia nem élvez előnyt a tápelemek között. A talaj termékenysége nem függ az ammóniumsók kereskedelmétől és felhasználásától. A természetes források elegendőek, helyes felhasználásuk csak a gazdától függ. Egyik szántó állapotából nem lehet a másikra következtetni. Az ammónia pótlásának jelentősége a kislevelű, rövid tenyész-idejű növényeknél. Lawes kísérletei ammóniumsókkal. Pusey ebből levont következtetései. Ammóniumsók hatékonysága Rothamstedben. Az ammóniumsók kereskedelme jelentéktelen a N mérlegben. Állati trágyák és a tiszta ammóniumsók. A trágya-szerek ára és azok hatékonyságának összefüggése. Lawes kísérletei a here betegségéről, nézetei az ammóniumsókról. A here gyökérzete és a talaj abszorpciós képessége. A minimumban levő tápelemlről. Ugyanazon trágyaszor hatása eltérő különböző talajokon. Lawes kísérleti módszere, eredményei az ásványi táplálkozás bizonyítékai. Az ammónia nem szerves anyag. Minden egyoldalú trágya kimeríti a talajt. A guanó és a szuperfoszfát alkalmazása. Mezőgazdasági Társaság Angliában. Gilbert tanulmányai. Az ugar hatása a talaj N-tartalmára. Salétromsav képződése. Krockert talaj-N vizsgálatai. A talaj abszorpciós képessége a tápelemekkel szemben; Bronner, Hustable, Thompson, Way. A kémia Angliában és a német iskola hatása a fejlődésre. A.W. Hofmann. Az angol gazdaság összefüggése a tudománnyal.

A földművelés és a történelem.....49

Korábbi felfogás a "megfigyelés-magyarázat" fogalmakat illetően. A megfigyelés és a vizsgálat mint a természetkutatás alapja. A természeti törvények jellege. Természeti jelenség kutatása gondolkodás és ismeretek alapján. Az ismeretanyag, mellyel a gondolatok működnek. Hipotézisek, teóriák és azok magyarázata. Az ember eltérő életfeltételei. A természeti törvény kapcsolata az emberrel és az állattal. Népek fennmaradása a talajtermékenység megőrzésének függvénye. A római történelem tanítása. Római talajok állapotának változása. A háború, béke és a talajtermékenység összefüggése. Görögország példája. Columella nézete a talaj terméketlenné válásáról. Róma népességének csökkenése Julius Caesar és Augustus idején. Parasztagazdaságok megszűnése. A törvénykezés eredménytelensége és a provinciák kirablása. Rablógazdálkodás Spanyolországban, valamint Kasztília talajainak elszegényedése. A kereszténymőr küzdelem okai. Rablógazdálkodás É-Amerikában. Kína és Japán népessége és a tápanyag-visszapótlás gyakorlata. Az európai mezőgazdaság negatív gyakorlata. Az elmúlt évszázad mezőgazdasága Schubert szerint. A gipsz, a burgonya-nyatermesztés és a guanó hatása az európai rablógazdálkodásra. A szántott réteg kimerülése a háromnyomásos rendszerben, majd újragazdagodása a takarmány-növények bevezetésével. A gipsz jelentősége. A burgonya jelentősége az európai népességre, talajra gyakorolt hatása. Boussingault kísérletei. Az emberi méretek átlagos csökkenése. Tiedemann és Meyer gondolatai. Háború és béke az évszázad elején, talajkimerülés. A kivándorlás hatása. A népesség növekedése 1816-1846 között. Guanó jelentősége az európai népesség számára. Terméstöbbletek guanóval, importja Angliába. A guanókészletek várható kimerülése. É-Amerika gabonakivitelének csökkenése népességének növekedése és a talajkimerülés miatt. Amerika növekvő guanófelhasználása. Az európai lakosság nagy száma és terméketlen talajai. Anglia csont és gabona importja. Az angol talajok potenciális termékenysége veszteség nélküli tápelelmforgalom esetén. Angliát részben külföld táplálja, ennek hatása más országokra. Önpusztító folyamat Európában. A rablógazdálkodás beavatkozást jelent a mai világrendbe.

A nemzetgazdaság és a mezőgazdaság.....68
 Adam Smith nézetei a népesség és a termelés összefüggéséről. Nézetek a természeti jelenségek okairól. A talaj minden gazdagság forrása, ebben pedig tápanyagkészlete a meghatározó. A talajalkotók elpusztíthatatlanok, ha visszapótlásukról gondoskodunk. Tápanyagvesztések a városokban, hatásuk. A legjobb mechanikai talajművelés sem tudja meggátolni a talaj elszegényedését. A terméstöbbletek nem arányosak a ráfordított munkával. J.St. Mill törvénye és okai. Ugarhatás tudományos magyarázata. A drénezés segíti a talaj levegőzését és gyorsítja annak kimerülését. Az istállótrágyázás a feltalajt gazdagítja. A haladás a tudomány függvénye. Az ipari és a mezőgazdasági üzem összehasonlítása. A mállás és hatása a talaj tápanyagaira. A visszapótlás törvénye, a gazda feladatai. Városokban felhalmozódó trágyaszerek jelentősége, hasznosításuk.

I. fejezet: A növények táplálkozásának kémiai folyamatai83

A könyv tárgyáról, felépítéséről.....83

A szerves kémia feladata. Élőlények létfeltételei. Növények táplálékai.

A növények általános alkotórészei83
 Szerves alkotókban a szén és a hidrogén mindig jelen van. Szénhidrátok, savak, illó és zsíros olajok, viaszok, gyanták és N tartalmú növényi anyagok összetétele. A N tartalmú és a N mentes anyagok csoportja, képződésük a növényben.

A szén eredete és asszimilációja84

Humusz keletkezése, fogalma, összetétele. Humuszsav és humin a vegyész és a gazda számára. Humuszsav mint növényi tápanyag. Oldhatósága. Növényi szénforrásul miért nem szolgálhat. A növényi szén mennyisége, eredete. A légkör állandósága, oxigén és szén-sav készlete. Bomlási és égési folyamatok O_2 igénye és az ezáltal képződött szén-sav. A légkör CO_2 tartalmának változása évszakonként és eltérő magasságban. A CO_2/O_2 állandóságot a növényzet biztosítja. Állati és növényi élet kölcsönös függése. A növényi C készlet az atmoszférából ered. A levegő CO_2 tartalma kiegyenlítődik a forró és hideg égőben. CO_2 fény hatására elbomlik. Kőszén, barnaszén, tőzegek C tartalma az atmoszférából ered. A jelenkori légkör O_2 tartalma nagyobb az ősvilágénál. Farost képződése a növény által felvett humuszból, korábbi elképzelések szerint. A növényi tápelemek teszik lehetővé az asszimilációt. Fény hiányában a CO_2 asszimiláció szünetel, a szén-savat nem bontják el. Ingenhouss, De Saussure, Grischow. Az O_2 hatása a növényre. Az O_2 abszorpció meghatározása és mértéke különböző növényeknél. A zöld levél és a fa alkotórészek oxidációja. A fa összetétele. A bomlásban lévő fa összetétele. Szén-sav kilégzése sötétben, a talaj hatása erre. A növény oxigént termel, bizonyítékai. Davy és Boussingault kísérletei. O_2 szükségessége a növény számára. De Saussure.

A humusz eredete és természete.....92

Az elbomlás lassú oxidáció. A farost bomlása. Humusz, bomlásban lévő farost. Moder (elszenesedett szerves anyag) keletkezése, előfordulása. Bomló talajhumusz mint szén-savforrás. A talajlevegő CO_2 tartalma Boussingault szerint és jelentősége a növény számára. Szén-savfelvétel a leveleken keresztül. A levelek funkciói. Növényi szerves anyagok átalakulása a virágzás és termésképződés idején. Gyökérváladékok. A növénytermesztés a talaj széntartalmát inkább gazdagíthatja, talómaradványokban. Az összes C a levegőből származik. Humusz önmagában nem növényi tápanyag. Humusz mint N forrás. Szerves vegyületek növényi felvétele.

A hidrogén eredete és asszimilációja	96
N mentes növényi anyagok H-je a vízből származik. Szénhidrátok egymásba való átalakulása. Növényi savak keletkezése, kapcsolatuk a szénsavval. Az alma, borkő és citromsavak összetétele, átalakulásuk oldható szénhidrátokká. A növények asszimilációja egy dezoxidációs folyamat. Lefolyása és eredménye.	
A nitrogén eredete és asszimilációja	101
A levegő N-jét a növények nem asszimilálják. Ammónia ill. salétromsav képezi a növényi N forrást. Az ammónia átalakulása más vegyületek hatására. N kivitele terményekkel. A talaj felvehető N-je nem csökken ezáltal, mert az atmoszféra ammóniatartalma folyamatosan beáramlik a talajba. Az atmoszférikus ammónia tömege, eredete. Horsford, Porre, Bineau, Kemp, Gräber, Fresenius vizsgálatai. Légköri csapadék ammónia (salétromsav) tartalma. Boussingault, Barral, Bineau és a porosz kísérleti állomások adatai. A gleccserjég ammónia tartalma. Ammónia és salétromsav vegyületek a növényekben, hasznosulásuk a vegetáció során. Hellriegel kísérletei. Tenyészedény kísérletek nitrátokkal és ammóniumsókkal, karbamiddal, húgysavval, kreatinnal, tirozinnal és más szerves N vegyületekkel. A N trágya hatása a N tartalmú növényi anyagok gyarapodására. A CO ₂ , víz és ammónia (salétromsav) a növényi és állati szervezetek alapanyagai.	
Az ammónia és a salétromsav forrásai	112
Vasércek ammóniatartalma Dél-Amerika őshegységeiben. Kőzetek ammóniatartalma Braconnot szerint. Will és Varrentrapp. N tartalmú anyagok viselkedése KOH-dal való izzításkor. Faraday kísérletei. Az anyagok összes ammóniatartalma az atmo-szférából való. Ammónia képződése szerves N tartalmú vegyületek rothadásakor. A N és H egyesülése ammóniává kémiai reakciókban. Salétromsav forrása az ammónia, azaz oxidált ammónia. A salétromsav képződése elektromos szikrával. Esővízben mindig van ammónia. Salétromsav képződése talajban. Az ammónia megkötődik a talajban, levegőben pedig állandóan újraképződik. Wöhler, Kolbe, Schönbein, Böttger vizsgálatai. A salétromsav átalakulása ammóniává. Nitrátok nitráttá alakulása humuszgazdag talajban.	
A kén eredete.....	118
A vér és a tej fehérjéi a növényi fehérjékkel azonosak, azokból származnak, kén-tartalmúak. Crucifera család illó kénvegyületei. A kénsav és sói növényi táp-anyagok. A kénsavas ammónia, gipsz jelentősége a növény számára. A S/N aránya a fehérjékben. A kénsav akkumulációja.	
A növények szervesetlen alkotórészei	120
A hamualkotók állandósága a növényekben, fontosságuk. Wiegmann, Polstorff, Boussingault és mások kísérletei. Knop, Stohmann, Nobbe és mások vízkultúrák vizsgálatai. A klór, kóvasav, kálium, nátrium, mész, magnézium, vas, foszforsav szükségessége. A hamualkatrészek kölcsönös helyettesíthetősége a növényi szervezetben. A szénsav kiválasztása a gyökerekben. A szénsav jelentősége a talajban. Termékek vizes tápoldatokban és talajban. Összefüggés a foszforsav és a fehérjék; alkáliák és növényi savak; oldható és oldhatatlan szénhidrátok között. A talaj szerepe a növény életében.	
A szántóföld eredete.....	137
Hegységek mállása mechanikai és kémiai úton. O ₂ , CO ₂ , víz hatása a kőzetekre. Oxigén hatása a kőzet oxidálható alkotóira. CO ₂ és víz hatása a szilikátokra. Alkáliák kiválása	

szénsavas sók alakjában, kovásvé hidrát formájában. A kovásvé hidrát oldhatósága vízben, oldhatatlanság kiszáradás esetén. A víz hatása az üvegre. Lavoisier. Az üveg elhomályosodása. Alkáliákban gazdag szilikátok bomlása vízben és savakban. Kaolin keletkezése földpátszerű kőzetekből. Földpátok összetétele. Király-vízzel kezelt fehér homok mállása. Agyagpala, bazalt analízise. A szilikátok mállása addig tart, míg alkáliákat tartalmaznak. Víz és szénsav hatása a mészkővekre. Égetés hatása a márgára. A talajok az alkáliákban gazdag kőzetekből jöttek létre mechanikai és kémiai mállási folyamatok eredményeképpen.

A szántóföldek alkotórészei142

Uralkodó részei a homok, mész, agyag. Agyag és az alkáliák eredete. Alkáliák mennyisége. Foszfátok előfordulása. Apatit, foszforit, oszteolit. Ásványi vizek, Nilus vízének tápelemei a talajból származnak. Klórvegyületek a talajban. Bórsav, salétromsav, konyhasó oldatok bepárlásának következménye. Tenger elpárolgása, hamualkotók felhalmozódása. Agyagpala talaj rézoxid tartalma. Csillámpala kalcium-fluoriddal. Csontok és fogak kalcium-fluorid tartalma. Növényi tápelemek mennyisége termékeny talajban.

A talaj viselkedése a növényi tápelemekkel szemben147

Talajon áthatoló esővíz nem lúgoz ki káliumot, kovásvé, ammóniát és foszfort. A talaj inkább megkötötte a tápelemeket az oldatokból. Hasonlóan viselkedik mint a szén, mely megkötötte a szénanyagokat és sókat. Kevésbé kötődik a klorid, nitrát, kénsav a talajban. Nátrium és kovásvé visszatartása szerves anyagban gazdag talajban. A növényi felvétel a talajrészecskékből történik, nem pedig a cirkuláló talajoldatból. Vízgőz kondenzációja a talajban.

Az ugar149

A mezőgazdálkodás mint tudomány és művészet. Mechanikai művelés és a légkör hatása a talajra. Kötött tápelemek mobilizálódása. Az ugar szűkebb és tágabb fogalma. Mállás gyorsítása kémiai anyagokkal. Égetett mész hatása. Égetés befolyása, Baker kísérletei. Márga égetése. Kőszénhamu mint talajjavító anyag. A fizikai talajtulajdonságok szerepe a növénytáplálásban és a termesztésben.

A váltógazdálkodás154

Az állati test ásványianyag-tartalma és fontosságuk. Növényi eredetűek és a növények tápanyagai. Az állati hús és vér hamuja összefügg a növényekével, melyből származnak. A növények különböző tápelemeket igényelnek különböző talajrétegekből, ezek sikerrel természetűek egymás után. A talajkimerülés meghatározható a növények hamujának mennyiségéből és összetételéből. A talaj bizonyos növények számára termékeny lehet, mások számára terméketlen. A váltógazdálkodás lényege. Gyomnövények mint talajindikátorok. Tengeri növények specifikumai. Trópusi talajok növényei. Mesterséges szénsav és ammóniaforrás hatása. A növények szekréciós és exkréciós folyamatai.

A trágya161

Eredete. Elhasznált alkotók kiválasztása a bőrön és tüdőn keresztül, a vizelet és bélsatorna útján az állati szervezetből. A N-t és az oldható anyagokat a vizeletben, oldhatatlan részeket a székletben találjuk. Az ásványi elemek a talajból származnak, szerves összetevők a levegőből a hamualkotók és a növények közreműködésével. Az exkrementumok importja ellentételezi a termékek exportját. A trágya mennyisége és minősége a takarmánytól függ. Trágyaértékük azon növények számára a legnagyobb, melyek takarmányul szolgáltak. Erjedés és bomlás hatása az istállótrágyára. Friss, érett

istállótrágya összetétele. Hamutrágya, csontrágya, szuperfoszfát, halguanó, kálisó, kovasavas kálium, gipsz stb. Szénsav hatása, ammónia fontossága. A folyékony exkrementum teljes értékű trágya. Szénsavas ammónia keletkezése a vizelet bomlása-kor. Trágyaszerek eltérő értéke. A trágyaérték nem mérhető a N tartalommal. Pudrett készítés fekáliából. Ammóniaveszteség a gyártás során. Hatása tápelemtartalmával arányos. Fekália gyűjtése Kínában, ottani trágyakereskedelem és pudrettkészítés. Hamuelőállítás növényi hulladékok elégetésével. Búza termesztés Kínában. Kísérletek az őszi búza palántázására.

Visszapillantás.....171

A levegő tápelemkészlete. Az atmoszféra a gáz alakú tápelemek kimeríthetetlen forrása, folytonosan újratermelődik készlete. A levegő állandó mozgása. Mész, márga, hamu hatása a termésre. Hamualkotók szerepe a légnemű tápelemek asszimilációjára. A szénsav felvételét a levélfelület szabályozza. A nitrogén felvételét szintén a növényi szervek mérete határozza meg. Mesterséges C és N táplálás hatása az egyéves kislevelű növényeknél fontosabb, mint az évelőknél. A vízleadás és a tápelemfelvétel kapcsolata. A víz kettős szerepe a növény fejlődésében. Az ammónia vegyületeinek befolyása a szár és a levél fejlődésére. Mikor igényli a növény az ammóniát. A gabonafélék N igényes kis felületű növények, míg a takarmánynövények nem igényelnek N trágyát, sőt javítják a N mérleget. Minden N a légkörből származik. A gazda feladata a N ellátás biztosítása. A N hatása ott jelentkezhet, ahol a hamualkotórészek nem hiányoznak. Trágyaszerek eltérő utóhatása a talajra. A racionális és az ésszerűtlen mezőgazdasági üzem példái.

II. fejezet: A földművelés természeti törvényei 177

A növény177

A növényi élet kémiai és kozmikus feltételei. Kezdeti fejlődés a tartalék tápanyag rovására. A csíra fejlődése. A nedvesség és oxigén szerepe. A csírázás folyamatai. A magminőség befolyása. A talaj és a klíma hatása. A gyökérfejlődés specifikumai. A spárga mint évelő növény példája. Tartalék tápanyagok felhalmozása föld alatti szervekben, majd felhasználásuk. Réti és fás növények. Kétéves növények, tarlórépa. Anderson kísérletei. Egyéves növények. A dohány, búza, zab fejlődése. Arendt, Knop kísérletei virágzó kukorica növényen. Zöller tenyészedény kísérlete babbal. Boussingault kísérletei. Szervesanyag-képződés a növényben. A tápelemfelvétel nem egyszerű ozmózis. Vízilencse, tengeri növények, szárazföldi növények. Hale kísérletei a levél (párolgás) és a gyökér (felvétel) kapcsolatáról. A szelektív felvétel nem abszolút. Forehammer, Knop. Szárazföldi és vízi növények gyökereinek viselkedése sóoldatokkal szemben. A vas, mangán, jód és klór vegyületei.

A talaj196

Tápanyagok tárolója. A nyers altalaj és a művelt kultúrtalaj. Altalaj átalakulása művelt réteggé. Az abszorpciós képesség a felületi vonzás megnyilvánulása, a tápelemek megkötődnek és részben átalakulnak a talajban. Tápelemek szétterjedése a talajban. Fizikailag kötött elemek felvehető, kémiai kötöttségük közvetlenül nem, mert nem válnak oldhatókká a gyökerek segítségével. Ugarolás. Kémiai kötött elemek felvehetővé alakítása, erre ható tényezők. Elemfelvétel a gyökércsúcson keresztül. Művelés hatása. Vetésforgó hatása a talajra. Drénezés. Drén, liziméter, forrás és folyóvizek vizsgálata. Lápvizek tápanyagtartalma. A vizek elem tartalma a talajtól függ, melyen átszivárognak. Oldatok vizsgálatának jelentősége. Iszapok, mocsaras földek

trágyaértéke. Tápoldatos kísérletek tanulságai. Gyökér/tápanyag felület jelentősége. Talajvizsgálatok. Termékenység és a termőképesség különbözősége. Gyökérfelület meghatározása. Rozstalaj átalakítása búzatalajjá, ennek trágyaigénye. Megvalósíthatatlansága a gyakorlatban. Tápelemek nem kellő mozgékonyasága a talajban, mobilitásuk növelésének módjai. Helytelen tápelemarány a talajban és helyreállításának módja.

A talaj viselkedése a trágya tápelemeivel szemben213

A trágya fogalma, hatása a növényre, mint talajjavító anyag és tápelemforrás. Trágyahatások eltérő abszorpcióképességű talajokon. A tápanyagok szétszóródása a megkötőképességgel fordítottan arányos a talajban. Az abszorpció fogalma, jelen-tősége. A talaj tápanyagokkal való telítése. Telített talaj viselkedése vízzel szemben. A növények nem igényelnek telített talajt fejlődésükhöz. A tápanyagok egyenletes elosz-lásának fontossága a trágyában és a talajban. Istállótrágya, komposzt, tőzegkorpa szerepe. A talaj tápelemarányainak megváltozása trágyázással. Hereuntság. Altalaj kimerülése. Altalaj-trágyázás. Gilbert és Lawes kísérletei Angliában, értékelésük.

Az istállótrágya223

A talaj termékenysége a felvehető tápelemek mennyiségétől függ. Talajkimerülés és a trágyázás. Műveléssel a kémiaiilag kötött tápelemek fizikai kötésbe jutnak. A gabonatermesztés következménye, a szalma leszántásának hatása. A here és burgonyatermesztés hatása a búzaföldekre. A takarmánynövények az altalajból táplálkoznak, növelve a termőréteg termékenységét. A kimerülés ellensúlyozása trágyázással. Emberi és állati ürülékek felhasználása.

Az istállótrágya-gazdálkodás227

Megoldandó kérdések. Reuning kísérleteinek jelentősége. Trágyázatlan földek termése. Elővetemény, kitétség, klíma hatása. Nagy termések állandósága. A tápanyagok sűrűsége arányban áll a terméssel. A szem- és szalmatermés aránya a talaj tápelemarányainak függvénye. A szászországi földek burgonya, zab és heretermeszei tükrözik a talajviszonyokat. Az istállótrágya adagjából nem lehet a terméstöbbletet levezetni. A minimumban levő tápelem a meghatározó. Racionális üzem. A tápanya-gok mélységi lehatolása a talaj adszorpciós képességétől függ. Annak figyelembevétele a trágyázásnál. A talaj összetételének változása a rendszeres istállótrágyázással. E gazdálkodás végső eredménye. Szászországi földek állapota. A földek elgyomosodása. Mire tanít a földművelés története. Az európai mezőgazdaság jelenlegi teljesítménye és korábbi állapota. A visszapótlás hiányos gyakorlata. Földművelés Nagy Károly idején. Gabonaföldek a Nílus völgyében és a Gangesz medencéjében - a természet gondosko-dik a visszapótlásról. Az átlagtermések statisztikai elemzése tükrözi a gabonaföldek jelenlegi állapotát. A tartósan nagy termés a természeti törvény megértésén és betartásán alapul.

Guanó246

Összetétele. A mag hamutartalmával való összevetése, alacsony K tartalma, hatása. A guanó és csontliszt hatékony alkotórészeinek hasonlósága. A guanó gyors hatásának oka. A peruguanó oxálsav tartalma, mely foszforsavát oldhatóvá teszi. Hatása a termésre. A nedves guanó ammóniaveszteséget szenved. Hatástalansága száraz és igen nedves időben. Guanó és istállótrágya összehasonlítása, együttes hatásuk. Guanótrá-gyázás ammóniában gazdag talajon. Talajkimerülés az állandó guanótrágyázással. Guanó keverése gipsszel, kénssavval. Szász termesztési kísérletek eredményei.

Pudrett, emberi fekália	252
Fogalma. Csekély tápanyagtartalma. A fekália értéke. Kaszárnya árnyékszékek berendezése Rastattban. Felhasználásuk a közel fekvő földeken. A vasszulfáttal történő fertőtlenítés nem csökkenti a hatékonyságot. Városi ürülékek és a sík vidékek tápanyagigénye.	
Foszfátok	253
Mezőgazdasági jelentőségük. Megválasztásuk szempontjai. Semleges és feltárt foszfátok hatékonysága. Szász trágyázási kísérletek tanulságai.	
Repcepogácsaliszt	255
Összetétele, fogalma. Tápanyagainak felvehetősége kielégítő a talajban. Jelentősége mint trágyaszernek kicsi. Szász kísérletek repcepogácsalisszal.	
Fahamu, kálisók	258
Összetételük. A bükkfa hamujának K tartalma és vízdoldhatósága. Fahamu keverése földdel. A kilúgzott hamu értéke. Racionális hamutrágyázás. Sótelepek fedőrétegei. A kálisó agronómiai jelentősége. Trágyázási kísérletek fedősókkal. A konyhasó hatása a K abszorpciójára a talajban. Cukorrépa termesztése.	
Ammónia és salétromsav	259
Növényi N források. Csapadék ammónia és salétromsav tartalma. Bineau, Boussingault, Knop. A levegő ammónia tartalma. N bevétel évente a csapadékkal. Trágyaszerek csoportosítása N tartalmuk alapján. Felvehető és nehezen felvehető N. Nitrogén elmélet: csak az ammónia hiányzik a talajból. Hasonlósága a humusz elmélettel. Trágyázási kísérletek ammónia vegyületekkel. Schattenmann, Lawes és Gilbert kísérletei. A Münchener Mezőgazdasági Egyesület és Kihlmann kísérletei. Trágyahatások nem az ammóniatartalmak függvényei. A talaj termékenysége nem N tartalmától függ. A talajok gazdagsága nitrogénben. Schmid, Pierre vizsgálatai. Szántott réteg leggazdagabb N-ben. Milyen formában van jelen az ammónia a talajban. A talaj és az istállótrágya viselkedése az alkáliakkal szemben. Hiányzó hamualkotók pótlása-val a talaj-N hatékonyvá válik. Az ammóniumsók hatása Lawes szerint. A N-főlöslég biztosítása a gabonatermesztésben természetes forrásokból. A hereszéna szerepe Szászországban. Meszes talajok N vesztesége és az ammóniabevitel szükségessége a talajokon. A N hatása a növény fejlődésére, szemtermésére és a burgonyára. Empirikus és racionális üzem.	
Konyhasó, nátriumnitrát, ammóniumsók, gipsz, mész.....	272
Tápanyaghatásuk. Hatásuk a talajra. Kuhlmann kísérletei konyhasóval, nátriumszulfáttal és ammóniumsókkal. Kísérletek a szerekkel Bajorországban. Seilern vizsgálatai csilei salétrommal. Felvehető tápanyagok és talajjavító anyagok a sók. Trágyázás gipsszel és keserűsóval here alá Pincus szerint. A szulfátrágyázás csökkentette a virágzatot, valamint növelte a here szárát és levelét. A gipsz hatásmechanizmusa még nem tisztázott. A gipsz káliumot és magnéziumot mobilizál a talajban. Különböző-képpen trágyázott herehamu összetétele. Kreuzhage kísérletei gipsszel. A gipsz hatása más elemek felvételére, a növény párologtató képességére, víztartalmára. A mész hatása. A mésvíz viselkedés a talajban. Kuhlmann és Träger kísérletei.	
Függelék	281
Az óriásmoszat. A bükkfalevél és a spárga összetétele különböző vegetációs időpontokban. Növényi betegségek. Kísérletek burgonyával, beteg és egészséges gumók vizsgálata. Beteg narancsfá szerveinek vizsgálata. Selyemhernyóbetegség. Takarmá-nyul szolgáló eperfalevelek vizsgálata. A pálmatorzs keményítője. Nedvkeringés a	

növényekben. Drénvíz, lizimétermű, folyóvíz, mocsárvíz összetétele. Fontinalis anti-pyretica két különböző folyóból. Mocsárvízben nőtt Lemna összetétele. Abszorpciós vizsgálatok a bázisokat ekvivalens mennyiségben és részben különböző sók alakjában tartalmazó oldatokkal. Vegetációs kísérlet babbal tiszta és kezelt tőzegben. A hohenheimi gazdaság és a földek racionális kezelése. A japán mezőgazdaság. Császári kiáltvány Kínában a földek termékenységének megőrzésére. Spanyol szántók állapota. A forró égöv kultúrtalajai, kimeríthetőségük és trágyázásuk. Termésátlag és jelen-tősége. A termések csökkenése É-Itáliában. Hereanalízisek. Növényi hamvak össze-tételéről. Táblázatok a növények és növényi szervek hamuanalíziseiről. Azok alfa-betikus áttekintése. Emberi és állati ürülékek, istállótrágya, trágyalé, guanó, csontok analízise. Különböző trágyaszerek összetétele.

Alexander von Humbolthoz

Az 1823. évi párizsi tartózkodásom idején alkalmam volt a Howard-féle ezüst és higany vegyületekről, első munkámról a Királyi Akadémián beszámolni. A július 28-i ülés végén, amikor a preparátumaim összecsomagolásával foglalatossá kódtam, az Akadémia tagjai közül egy férfi beszédbe elegyedett velem és terveim-ről érdeklődött. Úgy váltunk el, hogy én tapasztalatlanságból és félénkségből meg sem mertem kérdezni, kinek a kegyeiben részesültem. Ez a beszélgetés lett az alapköve jövődömnek. Az Ön személyében, Alexander von Humbolt, hatalmas mecénást és barátot szereztem. Ismeretlenként és ajánlások nélkül egy városban, ahol a világ minden részéből oly sok ember jön össze, nagy nehézséget jelent a kiváló és híres természettudományos kutatókkal közelebbi személyes érintkezésbe kerülni.

Ettől a naptól kezdve azonban számomra valamennyi ajtó, valamennyi intézet és valamennyi laboratórium nyitva állt. Az az élénk érdeklődés, amivel Ön felém fordult, egyben örökké szeretett tanárainak, Gay-Lussac-nak, Dulong-nak és Thenard-nak a bensőséges barátságát is jelentette nekem. Az ő bizalmuk egyengette utamat olyan tudományterületre, melyet 16 év óta művelni törekszem.

Számosan vannak, akik hozzám hasonlóan tudományos céljaik elérését az Ön védelmének és jóakaratának köszönhetik! A vegyész, a botanikus, a fizikus, az orientalista, a Perzsiába vagy Indiába utazó, a művész, valamennyien azonos jogokkal rendelkeztek és azonos védelmet élveztek. Ön előtt nem létezett nemzetek és országok szerinti különbség. Hogy mit köszönhetnek Önnek az egyes tudományágak, az nem jutott a világ tudomására, csupán valamennyiünk szívében olvasható. Engedje meg, hogy a legbensőségesebb tisztelet és a leg-tisztább, legőszintébb hála érzelmeit nyilvánosan is kifejezésre juttathassam.

Ez a kis mű, mellyel kapcsolatban veszem magamnak a merészséget, hogy Önnek ajánljam, valójában sajátomnak mondható-e? J. Ingenhouss "A növények táplálkozása"-ról szóló cikkéhez 42 évvel ezelőtt írt bevezetését olvasva úgy tűnik nekem, mintha az Ön nézeteit tulajdonképpen tovább boncolgattam volna. Mintha csak azt bizonygatnám, amit a melegszívű és mindig hűséges barát, az évszázad

legtevékenyebb természettudósa mindarról ami igaz, szép és fennkölt, kimondott és megindokolt.

1837-ben a British Association for the Advancement of Science egyik ülésén Liverpoolban azt a megtisztelő megbízatást kaptam, hogy a szerves kémia területén meglévő ismereteink állapotáról jelentést készítsek. Javaslatomra a Társaság elhatározta, hogy a Párizsban élő Dumas urat, az Akadémia tagját is felkéri a velem való ebbeli együttműködésre. Ez volt az indítéka jelen mű kiadásának, melyben a szerves kémia kapcsolatát mutatom be a növényélettannal és a növénytermesztéssel, valamint a szerves anyagok erjedését és rothadását, ill. elbomlását taglalom.

Mindezt olyan időben teszem, amikor a fiatalabb nemzedéknek az új és gyakran értéktelen utáni nyughatatlan hajszája alig teszi lehetővé, hogy pillantást vessünk az alappillérekre. Az alapokra, melyek a legszebb és leghatalmasabb épületet hordják, s amelyek a külső díszítés és festés miatt a felületes szemlélő számára már alig ismerhetők fel. Idegen tudományterületekre tolokodtam be. Felhívtam a természettudósok figyelmét, hogy erőfeszítéseiket és fáradozásait e fontos területre irányítsák. Ebbeli törekvésében az ember nem lehet biztos a sikerben. Az emberi jóakarát ugyan nem ismer korlátokat, a rendelkezésre álló eszközök és képességek azonban végesek.

A legnagyobb meglepéssel töltene el, ha az itt tárgyalt természet-tudományos kutatás alapelvei, melyek a növények fejlődésére és táplálására vonatkoznak, az Ön tetszését elnyernék.

Giessen, 1840. augusztus 1.

Dr. Justus Liebig

Előszó

Az alatt a 16 év alatt, mely könyvem első és hatodik kiadása között eltelt, módomban állt a tudományos tanok gyakorlati alkalmazása elé tornyosuló akadályokat megismerni. Az akadályok abból táplálkoztak, hogy a gyakorlat és a tudomány között nem állt fenn semmiféle kapcsolat. Az elméleti tudást mint a gyakorlat szöges ellentétét lebecsülték vagy nem vették figyelembe. Tény, hogy a tudományos elmélet a gyakorlati szakember számára gyakran kárt okozott, mert nem tanulta meg alkalmazni. A helyes alkalmazás nem magától hull az ember ölébe, hanem egy bonyolult szerszám használatához hasonlóan ezt is el kell sajátítani.

A növények fejlődésének, a levegő, a talajművelés és a trágyázás szerepének megértését nem tekintették olyan eszköznek, amivel a gazdálkodást javítani lehetne. A gazda nem volt képes a tudományos tanok és a mezőgazdasági üzemben tapasztaltak között összefüggést találni. Tevékenységét régóta megfigyelt vagy hagyomány alakjában átadott ismeretek irányították. Tekintélyes emberek-hez igazodott, akiknek a gazdálkodási rendszere példaszerű elismerést vívott ki. Ezeknek a rendszereknek a felülvizsgálatáról szó sem lehetett, mivel nem létezett olyan mérce, amivel az eredmények összevethetők lettek volna. Amit Thaer Möglinben a saját földjein jónak vagy hasznosnak ítélt, azt valamennyi németországi szántóföldre célszerűnek és jónak tartották. Azokat az adatokat, amelyeket Lawes Rothamstedben egy egészen keskeny szántóföldcsíkon kapott, valamennyi angol szántóföld szempontjából axiómaként kezelték.

A hagyomány és a tekintélytisztelet uralma alatt a gazda elveszítette azt a képességét, hogy a tényeket helyesen fogja fel. Így pl. azt is, hogy a hiányzó istállótrágya mennyiséget az egyes hatóanyagok adagolásával pótolhatjuk. Vagy a szuperfoszfát nemcsak a répa, az ammóniumsó pedig nemcsak a gabonafélék specifikus trágyája. Ilyen félreértések körül hosszan tartó vita alakult ki. Amíg ezt a vitát nem fejezik be és a gazdák nem lesznek saját maguk is döntőbírák, addig a tudomány részéről sem lehet hathatós segítséget várni. Én kétlem, hogy ennek elérkezett az ideje. Reményemet a fiatal generációba vetem, amely más felkészültséggel lép a gyakorlatba, mint apáik. Ami engem illet elértem azt a kort, amelyben a halandó test elemei új körforgásra vágynak. Az embernek rendet kell teremtenie a háza táján és nem szabad várnia azzal, amit még el kell mondania.

Az agronómiai kísérletezésben legalább egy év vagy még hosszabb idő szükséges ahhoz, hogy az eredményeket lássuk. Már alig van esélyem arra, hogy tanításaimnak eredményeit megérjem, célom ezért azok rendszerezése. Akik veszik majdan a fáradságot megismerkedhetnek munkámmal és e szempontból kell könyvemnek polemikus részeit megítélni. Hosszú ideig azt hittem, hogy elegendő az igaz elveket terjeszteni és a téves tanításokkal nem kell sokat törődni. A hazugság oltárait le kell dönteni azonban, ha az igazság számára szilárd talajt akarunk teremteni. Végül is mindenki el fogja ismerni a jogomat ahhoz, hogy tanításaimat

attól a piszoktól megtisztítom, amivel oly sok éven át felismerhetetlenné kívánták tenni.

Több oldalról az a szemrehányás ért, hogy helytelen a modern földművelést rablógazdálkodásként elítélni. Ezt a vádat némely gazdákkal szemben nem tudom fenntartani. Észak-Németországban, a Szász Királyságban, Hannoverben, Braunschweigben stb. sokan talajgazdagító trágyázást folytatnak. De nagyjában és egészében véve mégis csak kevesen ismerik talajaik állapotát. Eddig még egyetlen gazdával sem találkoztam, aki az ipari üzemekben szokásos módon könyvelést vezetett volna minden egyes táblájáról, beírva az évenkénti bevételeket és kiadásokat.

Németország jelentős csontexportja bizonyíték arra, hogy valójában a foszfátok felhasználásával kevesen törődnek. Egyetlen kis gyár (Heufel) közel másfél millió font csontot exportál München környékéről Szászországba, mely a bajor földek kirablásának terhére történhet. A nagyok kirabolják a kicsiket és azok, akik a tudás birtokában vannak, a tudatlanokat. És ez mindig így lesz. Gyakran Észak-Németországban is bűnös rablógazdálkodás folyik, melyre a német répacukorgyártás alábbi története utal.

Szuperfoszfát és guanó alkalmazásával cukorban gazdag jó répaterméseket lehetett elérni. A répatermelők nem gondoltak arra, hogy ilyen üzemvitelnél földjeik K-tartalma mindig csökken és végül a K-készlet ki fog merülni. Azt mondják, a kálium túlságosan drága. Mivel a K áráért 3-4-szer annyi szuperfoszfátot és guanót vehetnek azt hiszik, hogy így talajaik termékenységét jobban növelhetik. Azt persze nem tudják, hogy az istállótrágyában milyen magas a K ára.

Bizonyos, hogy a gazdák a feltételezéseikben csalódni fognak. A melasz és a cefre a répa legfontosabb tápelemeit tartalmazza, elidegenítésükkel a földek szegényednek. Ugyanarra a tapasztalatra fognak jutni idővel, mint Franciaország és Csehország. Hirtelen csökkenhet a répák cukortartalma 10-11 %-ról 3-4 %-ra. A földek termékenysége szuperfoszfáttal és guanóval nem állítható újból vissza. Néhány emberöltő múlva a ma még virágzó cukorrépatermelés tönkremehet. Példaként fogják felhozni, hogy az emberi butaság hová juttathat egy gazdaságot, mely természeténél fogva örök időig létezhetne anélkül, hogy a talaja kimerülne. Angliában hasonló tapasztalatokra tettek szert. Kálium nélkül valamennyi répa földön bekövetkezett a minőség romlása. Ahol a szántóföldön etették fel a répát birkákkal, és így a talaj K-tartalmát megtartotta, ott a termés mennyisége és minősége változatlan maradt.

Munkám első kötetéből a korábbi kiadások azon fejezetét, mely az "erjedés, rothadás és elbomlás kémiai folyamatát"-val foglalkozik s így a mezőgazdasággal nem áll közvetlen kapcsolatban, kihagytam. Pasteur, Berthelot, H. Schröder és mások átfogó munkái nyomán tudásunk 1846. óta e téren lényegesen gyarapodott. Fontosabbnak tartottam a mezőgazdasági kémia részletes kifejtését, mellyel jelenleg is foglalkozom.

München, 1862. szeptembere

Justus von Liebig

Előszó a nyolcadik kiadáshoz

Munkám hetedik kiadása óta eltelt időben megfigyelhető a német mezőgazdaság lassú, de állandó fejlődése. A gazdák már alig vitatják, hogy a szokásos kézi munkán alapuló üzemvitelt fel kell adni. A Hohenheim Mintagazdaságban nyert tapasztalatok meggyőzően bizonyították tanaim helyességét: még a legjobb talajok termőképessége sem tartható fenn hosszú távon a tápanyagok visszapótlása nélkül.

A takarmánytermelés és a vetésforgó bevezetése Hohenheimben kezdetben (még Schwerz úr igazgatása idején) azt eredményezte, hogy a földek hozama csodálatra méltó módon megnőtt. Dícséret és tetszésnyilvánítás fogadta a gyakorlati szakembereket, akiknek az ügyessége és tapasztalata ilyen szembetűnő sikerekhez vezetett. A hohenheimi mezőgazdasági üzem mintauzemnek számított és az ottani "iskola" segítségével terjesztették el azokat az alapelveket, amelyekre ez a gazdálkodás épült Németország valamennyi tartományában és még azon túl is. Tanításaik szerint az istállótrágya hozza létre a termést, az istállótrágya mennyiségének gyarapításán múlik minden. Ezek azonban nem voltak helyes alapelvek, sem pedig helyes tapasztalatok. Hohenheimben azt a művészetet tanították, hogyan lehet nagy terméseket betakarítani egy szántóföldről, de nem azt, hogyan lehet ezt a termést állandó szinten tartani.

Már az első évtized után nehézségek mutatkoztak. Több táblán meg kellett változtatni a növényi sorrendet. A gabonafélék termésében először stagnálás lépett fel, majd néhány év múlva csökkenés állt be. Az istállótrágya mennyisége évről évre nőtt és a talajok adottságai is javultak, de a korábban annyira dícsért szereknek már nem volt előnyös hatása. Sikerült ugyan a birtok pénzbevételeit növelni, de a gazdaság által közzétett adatok szerint a birtok tőkeértéke a pénzbevételekkel azonos arányban csökkent. Általánosságban véve ugyanis az a profit, amit a tiszta istállótrágyás gazdálkodás lehetővé tesz, az elszállított termények alakjában eladott érték. Eladott talajerő, mely a birtok tőkeértékét csökkenti.

Az ún. nitrogén-elmélet csökönyös visszautasítása miatt sok helyről ért szemrehányás, sőt többen ebben a visszautasításban indokolatlan makacsságot láttak. Ilyen nagy figyelmet nem kellett volna erre a dologra fordítani, hiszen elméleti kérdések eldöntését nyugodtan át lehet engedni a gyakorlatnak. A tapasztalat végül is mindig helyes eredményre vezet. Én ezt elismerném, ha a gazdák a vita kezdetekor már a helyes vezérelvek birtokában lettek volna és így az igazat a hamistól megkülönböztethetik. Ezek a szemrehányások annak a rendkívüli fejlődésnek a jelei, melyre a gazdák viszonylag igen rövid idő alatt szert tettek. De egyben csekély emlékezőtehetségük bizonyítékai is.

Már nem gondolnak arra, hogy néhány évvel ezelőtt még egy trágyaszér hatékonyságát és értékét a trágya N-tartalmával mérték. Tökéletesen elfelejtik,

hogy minden elméleti kérdés végül is a gyakorlatban pénzkérdés alakjában jelenik meg. Azok a gazdák, akiket ez a szemlélet vezetett, igen sok pénzt adtak ki a számukra alig szükséges, sőt gyakran káros nitrogénre. Forrásaikat sokkal hasznosabb dolgok vásárlására fordíthatták volna. Ha nekem sikerült sokakat visszatartanom a helytelen gyakorlattól, úgy a N-kérdéssel kapcsolatos vita kifejezetten hasznosnak minősíthető.

Úgy tűnik, hogy egy ország iparának színvonalát a felhasznált kénsv mennyiségéből lehet becsülni. Én azt hiszem, hogy a mezőgazdasági üzemek állapotát hasonló módon és még nagyobb valószínűséggel az országban felhasznált foszfátok (csontliszt, szuperfoszfát, Baker-guanó és hasonló trágyaszerek) mennyisége alapján lehet megítélni. Ezzel a léptékkal mérve a mezőgazdaság fejlődése a Szász Királyságban és Hannoverben, a Hesseni Nagyhercegségben, Poroszország több tartományában, Csehországban, Morvaországban és más német államokban kétségkívül nagymértékű. Ellentétben a Hohenheimi Minta-gazdaság gyakorlatával.

Arról informáltak, hogy Magdeburg környékén, Anhaltban és különösen Braunschweigben, Helmstedt és Wolfenbüttel környékén csupán a szuperfoszfát felhasználás (a Peru-guanó és a Chili-salétrom hozzászámítása nélkül) fél millió centnert ér el. Ezen a vidéken 17 szuperfoszfát gyár működik. Hasonló körülményeket lehet a Szász Királyságban, Rajna-Pfalzban, a Hesseni Nagyhercegségben, nevezetesen Rheinhessen tartományban találni. Mindezekben a tájakon a földek terméshozama és a birtokok járadéka az adott műtrágya mennyiségével hasonló arányban nőtt. Lassanként az a meggyőződés kezd érvényre jutni, hogy a műtrágya vásárlása olyan tőkebefektetés, mely a legbiztosabb kamatot hozza.

Az államilag is támogatott nagyszámú mezőgazdasági egyesület, társaság és kísérleti állomás segítségével nap mint nap egyre jobban felismerik a természeti törvények jelentőségét a mezőgazdaságban és az új ismereteket egyre szélesebb körben terjesztik el. A talaj trágyázásához hasonlóan fontos előrelépés történt Haubner kezdeményezésére az utóbbi évtizedben az állatok takarmányozása területén. Henneberg, Stohmann, Knop, Arendt, Bähr, Ritthausen, Pincus és mások csodálatra méltó munkái megteremtették a táplálkozástan valóban tudományos alapjait. Így lehetővé vált, hogy a takarmányokat maximális tápértékűvé tegyék és a húst, a tejet gazdaságosabban és olcsóbban állíthassák elő.

Ha majd fiatal gazdáink alapos tudományos képzettségre tesznek szert, körükből új "iskola" és valóban racionális gyakorlat fog kifejlődni. A hagyományok és a vak tekintélytisztelet uralmától megszabadulva teljesítményeik a legmerészebb elvárásokat is meghaladhatják. A mezőgazdaság feladatainak megoldásához vezető utak, bár bonyolultak és fáradságosak, már nem bizonytalanok és sötétek, mint régebben. Bízom abban, hogy a nemes célok elérhetők.

München, 1864. novemberében

Justus von Liebig

Előszó a kilencedik kiadáshoz

"A kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és az élettanban" c. könyv kilencedik kiadása a nyolcadik kiadás két kötetének egy kötetben történő összefoglalása. Amikor az erlangeni és a göttingeni egyetemeken tanítottam, még Liebig életében végeztük el azokat a lényeges változtatásokat, melyek a kilencedik kiadást az összes korábbi kiadástól megkülönböztetik. Az átdolgozásokat Liebig kezdeményezte és közösen hajtottuk végre. Ő ezeket ellenőrizte sőt részben lektorálta is, mint pl. a növények szervesetlen alkotórészeiről szóló fejezetet. Talán a nyomtatás közben még további változtatásokra került volna sor, ha Liebig életben marad. Ez a rendkívüli ember szeretett egy-egy témát a legkülönbözőbb szempontokból megvilágítani. Nehezére esett olyan tudományos kérdést megválaszolatlanul hagyni, amelynek alapjait minden kétséget kizáróan még nem tisztázták. Így legutóbb a Schönbein által felvetett ammónia-nitrit képződéssel is foglalkozott. Sajnálatos, hogy már csak kevés kísérletet tudott elvégezni. De ez a kevés kísérlet elég volt ahhoz, hogy a fenti nézet helytelenségéről meggyőződhesen.

"A kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és az élettanban" c. munkája örök értékű. A mű a tudományos módszer tükörképe. Tényeket és azokat a törvényszerűségeket tartalmazza, melyek az oly áldásos következtetésekhez vezetnek. Foglalkozik a megválaszolandó problémákkal és megoldást talál, vagy pedig olyan mértékben pontosítja azokat, hogy ezáltal a megoldásukhoz vezető út kirajzolódik. Példaként említhető állásfoglalása a "növények légzése" kérdésben. De Saussure és mások vizsgálatainak általa összefoglalt eredményei olyan bizonyító erővel rendelkeznek, hogy figyelembevételükkel különböző kísérleteket (melyek semmi újat nem hoztak és csak zavaróan hatottak) meg lehetett volna spórolni.

Biztos, hogy munkája nélkülözhetetlen a jelen és a jövő számára. Bármily sokat nyert a tudomány és a gyakorlat Liebig tevékenységével, még számos nagy horderejű kérdés van, amit nem értettek meg kellően. Csak a "visszapótlás" kérdésére szeretnék itt utalni. Egyik leghíresebb ma élő kémikus, A.W. Hofmann is hangsúlyozta Liebigről tartott megemlékezésében (The life-work of Liebig by A.W. Hofmann. The Faraday Lecture for 1875. London, Macmillan and Co. 1876), hogy lehetetlen a terméssel kivont talajalkotórészek visszapótlását pusztán mesterséges trágyaszerek (csontliszt, ammóniumsók) felhasználásával tartósan biztosítani. Ez a forrás kimeríthető és a szántóföldek semmit sem nyernek, ha az éves tápanyagbevitel alig egyenértékű az éves tápanyagkivonással. A talajból ki-vont tápanyagok teljeskörű összegyűjtésével tartható fenn a földek termékenysége. A külső forrásból származó ún. műtrágyák egyidejű alkalmazásával pedig növelhető a termékenység. A műtrágya felhasználásnak ugyanakkor arányban kell állnia a népesség növekedésével.

Kívánom, hogy Liebig "Agrokémiá"-jában megfogalmazottak általánosabban ismertté váljanak és a racionális mezőgazdasági gyakorlat vezérszavaként szolgáljanak. Meggyőződésem, hogy e tanok követése nemcsak a gazdálkodók, hanem az egész emberiség számára áldásos következményekkel fog járni.

Wien, 1876. júliusában

Ph. Zöller

Előszó a magyar kiadáshoz

Másfél évszázad mulasztását szeretnénk pótolni azzal, hogy a magyar olvasók kezébe adjuk Liebig munkáját. Az első kiadás 1840-ben jelent meg és olyan mérvű viharokat kavart tudományos körökben, melyek hatása a mai napig tart. A méltán korszakalkotónak tekintett mű jelentősége és kisugárzása talán csak "A fajok eredete" vagy "Az ember származása" c. darwini munkákhoz hasonlítható. A liebigi hagyaték élő tanulmányozása segít eligazodni a ma emberének napjaink globális problémáiban.

A könyv olvasása igazi élményt nyújt. A szerző hatalmas gondolkodó, aki szintetizálta korának tudományos eredményeit. Áttekintése, műveltsége összehasonlíthatatlanul szélesebb és mélyebb kortársainál és talán a miénknél is. Mivel a természet alapösszefüggéseit tárta fel, számára együtt jelenik meg a talaj-növény-állat-ember, amit ma táplálékláncnak nevezünk. A légkör-talaj-víz-élőlények anyagforgalmát egységükben vizsgálja, bár nem nevezi bioszférának. Liebigről és munkásságáról könyvtárnyi irodalom jelent meg. A magyar kiadás kapcsán ilyen értékelésre nem vállalkozunk, ezt másfél évszázad múltán az olvasóra bizzuk.

A fordítás alapjául az a IX. átdolgozott kiadás szolgált, mely Ph. Zöller és Liebig közös munkája. Ez már korántsem az 1840. évi kiadás, hiszen a mezőgazdasággal közvetlen kapcsolatban nem álló "erjedés, rothadás és elbomlás kémiai folyamataival" foglalkozó fejezetek kimaradtak. Másrészt Liebig és részben Zöller kritikusan értékelték az első kiadás óta eltelt viharos negyedszázad tudományos vitáinak eredményeit és beépítették az új kiadásba. Liebig megírta a csaknem 100 oldalas "Bevezetés" fejezetét, alapos történelmi visszapillantást nyújtva. Számunkra tehát a IX. átdolgozott kiadás fordítása nyújthatja a legtöbbet. Ezzel tisztelgünk méltón a nagy előd előtt, bemutatva teljes gondolatrendszerét. A szerző ugyanis haláláig finomította tanítását, vitatkozva ellenfeleivel. Az utolsó átdolgozott kiadás megjelentetésével Liebig egyfajta végakarátát is követjük: "Végül is mindenki el fogja ismerni a jogomat ahhoz, hogy tanításaimat attól a pizsoktól megtisztítsam, amivel oly sok éven át felismerhetetlenné kívánták tenni."

Az élet különös fintora, hogy az a Liebig, aki oly sokat hadakozik a megmerevedett tudományellenes tekintélyek ellen, maga is dogmává válik még életében. Az erjedés és a rothadás folyamatait kémiai alapon magyarázza, a mikroszervezetek szerepét nem tekinti különösebben fontosnak. Amikor a csaknem 20 évvel fiatalabb vegyész, a francia Louis Pasteur az 1850-es évek végén feltárja az erjedés lényegét és beszámol erről a Párizsi Természet-tudományi Akadémián, szembekerül az óriási tekintélyű Liebig tételeivel, aki ekkor már a kémia pápája és tézisei általánosan elfogadottak az erjedés magyarázatára.

Liebig szerint döntő a N tartalmú szerves anyag jelenléte, az élesztőgombák nem feltételei az erjedésnek, csupán ösztönzői. "Mintha a Rajna vizének sodrát a mainzi vizimalmok lapátkerekeinek tulajdonítaná" - nyilatkozza Liebig Pasteur-ról. A további kísérletekkel Pasteur tisztázza, hogy minden bomlás, legyen az erjedés vagy rothadás, bor vagy ecet előállítása, növényi vagy állati szervezetek oszlása, apró élőlények munkájának eredménye. 1869. nyarán elzarándokol Münchenbe, hogy kísérleteivel meggyőzze Liebiget. Az öreg báró makacsságára jellemző, hogy bár udvariasan fogadja vendégét, nem hajlandó meghallgatni érveit és megtekinteni kísérleteit. "Pasteur úr gombáira csak azért hivatkoznak a mikroszkóppal dolgozó fiatal kutatók, hogy összezavarják a tiszta, klasszikus kémia tételeit" - jegyzi meg később. (Halász, Z.: Így élt Pasteur. Móra Könyvkiadó. Budapest, 1976.)

Az utókor főként abban marasztalja el Liebiget, hogy a N trágyázás jelentőségét nem értékelte kellően. Feltételezte, hogy a növények képesek a légkörből fedezni N igényüket ammónia, ill. salétromsav alakjában. Elsősorban a takarmánynövények ebbeni szerepét hangsúlyozta. A pillangósok N-kötésének mechanizmusa ekkor még nem volt ismert. Mindenesetre a kiváltott parázs viták nyomán hatalmas kísérleti tevékenység indul meg a múlt század közepétől, melynek áldásait igazán a mai nemzedék élvezi. Mint látjuk, viták nélkül nem fejlődhet a tudományos gondolkodás, talán nem is létezhet igazi tudomány. Szomorú, hogy a hazai közélet nem kedvez a vitaszellemnek.

Ahhoz, hogy a könyv a mai olvasó számára közérthetővé váljon, alapos átdolgozást igényelt. A szövegű "tükör"-fordítást dr. Thamm Frigyesné és részben dr. Balla Alajosné végezte. A szerkesztő a nyers fordítást összevetette az eredetivel és megkísérelte a mai nyelvre átültetni, amint azt korábban Ditz, H: "A magyar mezőgazdaság" c. munkája során is módszerként követett. A bonyolult régies stílus, mondatfűzés és nevezéktan szinte követhetlenné tette volna a mondanivalót. A kor sallangjait lefejtve, ismétléseket elhagyva és a mondatokat a mai beszélt nyelv egyszerűbb formáihoz közelítve a terjedelem is 30-40 %-kal csökkent. Megemlítjük, hogy az akkori "Agricurchemie" megnevezést a mai szóhasználat szerinti "Agrokémia" szóval fordítottuk.

Ahol nem volt értelemzavaró, a vegyületek régebbi elnevezéseit meghagytuk, így pl. a szulfátok kénsavas, a foszfátok foszforsavas sóként szerepelnek. A "foszforsav" szóhasználat Liebignél valójában P-pentoxidot, a "káli" K-oxidot jelent. Mivel a kémiai képletek nem a mai ismereteinket tükrözik, a fordításnál kimaradtak. A gyakori magyarázó lábjegyzeteket egységesen a szövegbe illesztettük. Az említettek miatt a szerkesztés és átdolgozás nem volt kevésbé fárasztó és időigényes, mint tulajdonképpen a fordítás. A végleges formába történő gépelés és technikai szerkesztés dr. Pintér Nándorné munkáját dicséri. A gépelt szöveget szakmailag dr. Sarkadi János újra ellenőrizte a német eredeti alapján. A könyvön e kis csapat kisebb megszakításokkal három éven át dolgozott, sokezer munka-órát ráfordítva. Reméljük, fáradozásunk nem lesz hiábavaló.

Budapest, 1995. április

Dr. Kádár Imre
szerkesztő

BEVEZETÉS

A mezőgazdaság 1840 előtt

A múlt évszázad utolsó negyedében még semmilyen elképzelés nem volt a földek termékenységének, valamint a művelés következtében fellépő terméketlenné válásának okairól. A napfényen, harmaton és esőn kívül a gazda úgyszólván semmit sem tudott a növényi fejlődés életfeltételeiről. A talajról sokan azt gondolták, hogy feladata csupán a növény számára helyet biztosítani. Másrésről évszázadok óta ismeretes volt a szántóvető ember előtt, hogy a művelés, valamint az állati és emberi trágya a terméshozamokat fokozza. Úgy vélték azonban, hogy az istállótrágya hatása megfoghatatlan és mesterségesen elő nem idézhető állapoton alapul, mely a tápanyagnak az állati vagy emberi szervezeten történt áthaladása során jön létre.

A korábbi felfogás szerint a trágya a növényi sorrend bizonyos változtatásának segítségével folyamatosan és tetszőleges mennyiségben előállítható. Úgy tűnt, hogy a gazda szorgalmával, a föld megművelésével és a helyes növényi sorrenddel együtt nőnek a terméshozamok. Az a vélemény terjedt el, hogy a nagy terméseredmények kizárólag az ember akaratától és ez irányú képességétől függenek és aki ezzel a képességgel rendelkezik, az a látszólag terméketlen homoksíkságokat termékeny rétekké tudja átalakítani. Az egyik gazdálkodó valóban tönkrement, míg a másik meggazdagodott. A gazdaság bérleti díja gyakran aszerint emelkedett vagy csökkent, hogy ki művelte meg.

A vetőmagban és a talajban vannak azok az erők elrejtve - gondolták - melyek a mezőgazdasági terményeket létrehozzák. Ahogy az emberek és az állatok kifáradnak és erejük pótlásra szorul, ugyanez a helyzet a szántófölddel is. A terméssel elvont talajerő a föld pihentetésével és istállótrágyázással ismét helyreállítható. Mind a termés, mind a trágya végső soron a talaj terméke. A talajerő akkor is helyreáll, ha a belőle származó terméknek csak egy részét, ti. a trágyát, adjuk vissza. Hogy mi a talajerő, azt nem tudták.

Később úgy vélték, hogy a talajerőnek valamilyen hordozója van, s ez a különleges hordozó a humusz. Ezzel a szóval egy közelebből meg nem határozható szerves eredetű éghető anyagot jelöltek, egyfajta trágyát, melynek keletkezéséhez azonban nincs szükség állatokra. Azt gondolták, hogy a termés növekedése

vagy csökkenése kapcsolatban áll a talaj humusztartalmával és a humuszt akár istállótrágya alkalmazásával, akár ügyes gazdálkodással gyarapítani lehet. Ebben a feltételezésben csak az volt igaz, hogy a termékeny talajon több növény terem és a gazdag talajban éppen ezért több szerves maradvány halmozódik fel.

A termékenység oka e szemlélet szerint tehát a talajban szunnyadó és a gazda ügyességével életre kelthető erő. Ez az erő hasonló a tápláló és gyógyhatású erőkhez, melyek táp- és gyógyszerekben való létezését a korábbi fiziológia és orvostudomány feltételezte. Ennek az erőnek a termés növelésére gyakorolt hatása a szerves anyagok körforgásától függ. A körforgásban a humusz a növények, a növény pedig az állatok és emberek életét tartja fenn. Ez az erő - úgy gondolták - mindenütt jelen van. És valóban, a föld minden táján, minden égővben, a legkülönbözőbb talajokon (grániton, bazalton, homok- és meszes talajokon) a napfény és az eső hatására ugyanazokat a növényeket ugyanolyan dús kultúrákban lehetett látni. Ennek következtében úgy tűnt, hogy a talaj természete nem játszik semmi szerepet.

A termést növelő ásványi anyagoknak (mint pl. a márgának, a gipsznek és a mésznek) talajerőt serkentő képességet tulajdonítottak. Hasonlóképpen, mint ahogy az embernél a só és a fűszerek az emésztés bizonyos folyamatait és a nedvek körforgását serkentik. A csontliszt hatását a benne található szerves anyagoknak (a ragasztó anyagoknak) tudták be. A takarmánynövényeket trágya-termelőknek tekintették. Minden a takarmánytól függ. Ha sok a takarmány, akkor sok lesz a hús és a trágya. Ha sok a trágya, nagy lesz a gabonatermés. Ha elegendő takarmány áll rendelkezésre, akkor a gabona már magától terem. Alapvető tanná vált, hogy az istállótrágya az a nyersanyag, mely a gazda munkáját gabonává és hússá alakítja át. Azt tanították, hogy csak a gabona és bizonyos ipari növények merítik ki a talajt, viszont a takarmánynövények a talajt kímélik és javítják. Amikor a termés csökkent gabonakultúrában, akkor a talaj "kimerült". Amikor már a takarmánynövény, pl. a here vagy a répa sem akart jól teremni, akkor a talaj "beteg" lett.

Egy és ugyanazon jelenségre tehát kétféle fogalmat alkottak. A növény nem megfelelő fejlődésének egyszer bizonyos anyagok hiánya volt az oka, másszor viszont a normális működés vagy az erő zavara. A gabonaföldek kimerülését trágyázással lehetett megszüntetni, a takarmánynövények talajára viszont gyógyszer, vagy mint a lusta lovak esetében, valamilyen serkentő szert kerestek.

A gyakorlati gazdálkodó úgy végezte a dolgát, mint a cipész a mesterségét. Anélkül azonban, hogy észrevette volna azt, amit a cipész a bőrei készleténél látott, hogy ti. lassanként elfogy. Az élő növény igényeire nem volt tekintettel. Németországban a gazda úgy bánt a szántóföldjével, mintha az egy darab vég nélküli bőr lenne, melyhez amit fönről levágunk, alul ismét hozzánő. Az istálló-trágya képezte számára azt az eszközt, mellyel a bőrt nyújtani és a levágáshoz alkalmassá tenni lehetett. A mezőgazdasági tanintézetekben annak "művészetét" tanították, hogyan lehet a talajban lévő "kimeríthetetlen bőrkészletből" minél több cipőt

kiszabni. Az tűnt a legjobb tanárnak, aki a talaj ilyen kihasználásában jeleskedett. Amikor a gazdának sikerült nagyobb terméseket elérni a földjein és ezáltal vagyona szert tenni, eszének és ügyességének tulajdonították. Holott a talajának köszönhette. Mivel a talaj önként adta neki azt, amit másoknak sem ésszel, sem szorgalommal nem sikerült a saját földjeiken elérni.

Terméscsökkenéssel mindenütt gyakran találkoztunk. Aki még gazdag here- és répatermést ért el a földjén, nem értette meg, hogy egy másik ember nagy munka és trágyaráfordítással sem volt képes a "hereúnság"-ban szenvedő földjét ismét lóhere termővé tenni. Az, hogy a saját jó here- és répatermő talaja valaha is "beteggé" válhat, az előbbi gazdának elképzelhetetlen volt. Ha az ember hozná létre a termést éppúgy, mint ahogy a cipész készíti a cipőt, akkor a műhely fekvése (a talaj) nem számítana. Ahogy egy szentpétervári cipész a párizsi cipész tanácsaiból és tapasztalatából hasznot húzhat, úgy egy rothamstedti vagy szársországi gazda a talaj kezelésével kapcsolatban jó tanácsokat adhatna a yorkshirei vagy a bajor gazdának. Ahogy egyes országok különleges gyártmányokkal ki tudnak tűnni, pl. Oroszország a bagariabőrrel, Franciaország a szattyánnal, Bajorország pedig a finom lakkbőreivel, azt hitték, hogy éppen ilyen értelemben létezhet egy dán, angol, francia vagy német mezőgazdaság.

A mezőgazdasági tevékenységet leegyszerűsítő, iparszerű gyártásra vonatkozó elképzelések uralkodtak az akkori mezőgazdasági szakirodalomban is; De Saussure és H. Davy nagyértékű és fontos vizsgálatait a gyakorló gazdák nem vették figyelembe. Úgy vélték, hogy ezek az emberek semmiféle kapcsolatban nem állnak a gyakorlattal.

Möglinben egy darab földön olyan földművelési rendszert vezettek be, mely Németországban minden gazdaság számára példának szolgált. Azt hitték sikerült megoldani, hogy az istállótrágya mennyiséggel ekvivalens mennyiségű gabonát termeljenek és ez minden országban érvényes szabály lehet. Ugyanazzal az istállótrágya mennyiséggel tehát ugyanannyi búzaszemet nyerhetünk mindenütt. Ez a következtetés már abból az álláspontból származott, hogy az istállótrágya az az anyag, amit a gazda búzává vagy hússá alakít át. Úgy vélték, hogy valamennyi réten (akár természetes, akár mesterséges) ugyanaz a széna terem és valamennyi szénának azonos a tápértéke. A szénaértékkel mérték a többi takarmány tápértékét. Még a konyhasónak is volt "széna-értéke". Minden takarmánynak megvolt a maga "istállótrágya-értéke". A hideg kötött talajokra javasolt juhtrágya "forró" volt, a lótrágya "száraz és meleg". A nedves tehéntrágyát pedig minden talajféleségre egyaránt ajánlották.

Feltették, hogy a Möglinben hatásos trágyaszerek másutt is hatásosak. A csontliszt az ottani búzatermésre nem hatott, ezért valamennyi német talajra nézve hatástalannak tekintették. A jó tanácsok, melyeket a gazdák egymásnak adtak, vagy a javított módszerek, melyeket egymásnak ajánlottak, egyáltalán nem vették figyelembe az ország vagy a település fekvését, a földrajzi szélességet, az évi csapadékmennyiséget, a csapadék évszakonkénti megoszlását, a napsütéses és esős

napok átlagos számát, a tavaszi, nyári és őszi középhőmérsékletet, valamint az egyes évszakokban előforduló szélső hőmérsékleti értékeket, a talajok fizikai, kémiai és agronómiai adottságait.

Az "elmélet" kifejezéssel azokat a véletlenszerű ötleteket vagy elgondolásokat jelölte a gyakorlati gazda, melyek az egyik vagy másik embernek a gazdálkodás jelenségeivel kapcsolatban eszébe jutottak. Természetes volt, hogy az "elmélet"-nek nincs értéke és hogy a gyakorlati gazdát a cselekedeteiben az "elméletek" nem befolyásolhatják, csak a "körülmények" és a "viszonyok". Hogy melyek ezek a körülmények ill. viszonyok, erről nem tudott semmit. Lényegesnek a "képességet" és a "gyakorlatot" tekintették. Arra nem gondoltak, hogy mi fontosabb ennél a "képességnél" (ti. a talaj).

A mezőgazdálkodás "művészet", az ügyességtől és a gazda tapasztalatától függnék az eredmények. Így vélték a gyakorlati gazdák, míg a gazdálkodást termékeny szántókon végezték évszázadokon át. Amíg meg nem jelent a szükség. A szükség beköszöntött, amikor már a takarmánynövények is rosszul fejlődtek és a humuszban gazdag talaj sem tudott trágyát termelni. Akkor kiderült, hogy a tapasztalt gazda olyan tanácstalan, mint a gyermek, mert a tapasztalatainak nem volt alapja. Amit ő annak nevezett, az nem volt valódi, jól kipróbált tapasztalat.

"Ha a természettudomány olyan eszközöket adna a kezünkbe, melyek lehetővé tennék, hogy ezeket a növényeket (here, lucerna, baltacim) ugyanazon a területen többször egymás után és azonos eredménnyel termelhetnénk, mint ahogy ezt a mostani tapasztalatok alapján nem tudjuk elérni, akkor a mezőgazdaság számára megtaláltuk volna a "bölcsek követ", mert arról, hogy azután ezeket az emberi szükségleteknek megfelelő formákba átalakítsuk, már tudnánk gondoskodni." (Lásd: S. Walz: Die Ernährung der Culturpflanzen"; S. Walz, a Hohenheim-i Mező- és Erdőgazdasági Akadémia igazgatója, Stuttgart, Cotta 1857. 127. old.) Az akkori iskola e kiváló gyakorlati szakembere így módon kéri a tudomány segítségét!

A gazdálkodók a múlt század végén a gipsszel, vagy még korábban a márgával olyan szert kaptak a kezükbe, mellyel sikerült a here terméshozamát és ezzel az istállótrágya mennyiségét növelni humusz ill. trágyázás nélkül. Amikor ezek a csodaszerek már nem hatottak, akkor a természettudománytól várták volna el, hogy a "bölcsek kövéből" csak egy kis darabkát adjon nekik, amivel ismét nagy mennyiségben lehetne a herét vagy akár a répát, borsót és babot termelni, ha már az ő ügyességük és tapasztalatuk ehhez nem elég. Úgy vélték, Isten a számukra csodát fog művelni, nem azért, hogy az emberiséget fenntartsa, hanem azért, hogy megkímélje őket azokról a forrásokról való gondoskodástól, melyből az Ő áldása fakad. Senki sem volt képes arra a kérdésre választ adni, hogy mennyi ideig számíthat a terméseredményeire. A legtöbben azt gondolták, hogy a (jó) terméseknek nem lesz soha vége, és hogy nem a talajon múlik, ha termékeny volta megszűnik.

Minden gyakorlatban jártas gazda tudta, hogy elődei ugyanolyan vagy még nagyobb terméseket takarítottak be anélkül, hogy istállótrágyát vásároltak volna kívülről. De egyiknek sem jutott eszébe arról elgondolkodni, hogy vajon miért nem teremnek a takarmánynövények olyan jól, mint régen? Az, hogy az istálló-trágya hiányának igazi oka a talajban rejlik, a gazda számára felfoghatatlan gondolat volt.

A gyakorlati gazda azonban évezredek óta azonosan gondolkodik. Ő az, aki minden "elmélet" esküdt ellensége és azt az elméletet állította fel magának, hogy talajának termékenysége kimeríthetetlen. A modern gazda valamennyi cselekedetét arra az elméletre alapozza, hogy a földjein elérhető termésekhez szükséges források kimeríthetetlenek. Arra már nem gondol, mi lesz földjeiből, az országból és annak lakosaiból, ha ezek a források valóban kimerülnek. A gondatlan és tudatlan gazdálkodó azt hiszi, hogy holnap ugyanúgy lesz minden, mint ma.

A mezőgazdaság 1840 után

Ezek voltak a fő, irányadó elgondolások a mezőgazdasági üzemben egészen 1840-ig.

Ekkorra a természettudományok közül a kémia annyira önálló lett, hogy más tudományterületek fejlődéséhez is hozzá tudott járulni. Amilyen mértékben a vegyészek kutatásai az állatok és növények életfeltételeivel foglalkoztak, a mezőgazdaságot is érintette a kémia. A növényfiziológia már ismerte azokat a változásokat, melyek a vegetációs folyamat következtében a levegőben fellépnek, valamint ismerte a szénsav hatását a növények széntartalmú alkotórészeinek gyarapodására és a zöld növényi részek azon tulajdonságára, hogy a napfény hatására oxigént képesek termelni. De a növényben található hidrogén és nitrogén eredetére vonatkozóan tájékozatlanság uralkodott.

Megállapították, hogy a magvak, termések, gyökerek és levelek a föld bizonyos alkotórészeit felveszik, és pedig minden talajféleségen ugyanazokat. A hamu alkotórészei tehát nem véletlenszerűen tevődnek össze és a termőhely szerint is változnak. Ezek az alkotórészek a növényi szervezet felépítésében vesznek részt, tehát a hamualkotórészek a növény táplálkozása számára ugyanazt jelentik, mint a kenyér és a hús az ember, vagy a takarmány az állat számára. A termékeny talaj ezekből a tápanyagokból sokat, a terméketlen pedig keveset tartalmaz. A terméketlen talaj termékennyé válik, ha ezeknek a tápanyagoknak a mennyiségét benne növeljük.

Ebből magától értetődően következik, hogy a talajnak fokozatosan terméketlenné kell válnia, ha a növények termelése és a termés elvitele következtében ezek a tápanyagtartalékok a talajban csökkennek. A talajnak ahhoz, hogy termékeny maradjon, teljes mértékben vissza kell adni azt, amit a terméssel az ember elvett tőle. Ha a tápanyagok visszapótlása nem teljes, akkor a korábbi termésszintek

elérésére nem lehet számítani. Csak a tápanyagok mennyiségének a talajban történő növelésével lehet a terméseket is növelni.

A kémia ezután megmutatta, hogy az emberek és állatok tápláléka - durva hasonlaltal élve - úgy viselkedik az élőlények szervezetében, mint a kályhában elégetett fűtőanyag. A vizelet és a széklet a táplálék hamuanyagai, melyek még "korommal" és a tökéletlen égés termékeivel is összekeverednek. Ezek alapján már könnyen meg lehet magyarázni az istállótrágyának a szántóföldre kifejtett hatását, mivel az istállótrágyával vissza lehet adni a talajnak azt, amit a terméssel elvettünk tőle. De a gazdaságban előállított istállótrágyával hosszú távon nem lehet a talajokat megfelelően táplálni, mert végülis mindabból, amit búza és állat alakjában a városba szállítottak, semmit sem tudnak visszaadni a talajnak.

Ha a gazda a nagy terméseit hosszú időre meg akarja tartani, gondoskodnia kell arról, hogy az istállótrágyából hiányzó tápanyagokat más forrásokkal pótolja, mivel ezek az anyagok a talajban igen korlátozott mértékben vannak jelen. Ezt a kémia a legnagyobb bizonyossággal már megállapította. Értelmetlen dolog úgy cselekedni, mintha ezek a készletek kimeríthetetlenek lennének. Ha a gazda nem gondoskodik tápanyagutánpótlásról, akkor minden szántóföldön elkövetkezik az az idő, amikor a föld már nem képes termést hozni. A gazda feladata nem az, hogy a talaj kárára átmenetileg nagy terméseket érjen el, hanem állandóan nagy és mindig emelkedő terméseket biztosítson mind a maga, mind a társadalom számára.

Önámítás azt hinni, hogy a gazda uralkodik földjei fölött. Nem létezik módszer, amellyel egy növény esetében kifizetődő termést lehetne elérni olyan talajon, amelynek összetétele erre alkalmatlan. A gazdának csak látszólag van választási lehetősége. Nem ő, hanem a földjei választják meg azt a növényt, melyet termelni lehet rajtuk. Ő csak beülteti a növényt a talajba, és az éleseszűségének abban kell megnyilvánulnia, hogy meg tudja érteni azt, amit a talaja mond neki. Az ő akarata és ügyessége arra korlátozódik, hogy a hiányokat felfedi és azokat az akadályokat megszünteti, melyek talajának termékenységét korlátozzák. Amit "körülményeknek" és "viszonyoknak" nevez és amelyek alapján berendezi a gazdaságát, azok természeti törvények, melyeket meg kell ismer-nie, ha uralkodni akar felettük, különben maga válik ezeknek a törvényeknek a rabszolgájává. Mindaz, amit a tudomány tanít, ne térítse el őt a céljától, hanem mozdítsa elő aktivitását. Hasonlóképpen tehetsége és tapasztalata is nélkülözhetetlen ahhoz, hogy a "körülmények" és "viszonyok" ismerete termékennyé és nyereségesé váljék számára. A "tudás" nem ellentéte a "képességnek", hanem éppen az igazi képességeket hozza felszínre.

A tudomány nem áll a gyakorlattal, mint valami idegen dologgal szemben, hanem a gyakorlatban benne foglaltatik. Ha a gyakorlat helyesen jár el, megvédi a gazdát a kárt okozó tévedésektől, megmutatja a gazdának, hogy a földje miben szenved hiányt és mi az, amiből túl sok van benne. Megmutatja azt is, hogyan kell eljárnia, hogy gazdaságát megfelelően hasznosítsa. Ha egy pillantást vetünk a természettudományok fejlődésére azt látjuk, hogy amikor egy uralkodó tan helyé-

re új lép, akkor az új tanítás nem jelent további fejlődést, hanem éppen az ellentéte lesz a réginek. A hamis tanok ugyanolyan törvényszerűségek szerint fejlődnek, mint a helyesek, de az egyik elhal, mert nincs gyökere, míg a másik növekszik és gyarapszik. A téves tanítás ugyanis a saját továbbfejlődésekor olyan következtetésekhez és nézetekhez vezet, melyekről végülis mindenki megállapítja, hogy ésszerűtlenek vagy ténylegesen lehetetlenek. Így ez a tanítás egy másiknak fog helyet adni, amely az előbbi ellentéte lesz éppenúgy, ahogy az "igazság" mindig ellentéte a "tévedésnek".

Így követte a flogisztikus tanítást - mely szerint az elégetés egy bomlási folyamat volt - az antiflogisztikus tanítás, mely szerint az elégetés egyesülési folyamat. De, s ezt szem előtt kell tartanunk, az új tanítás a régi fejlődésének volt a következménye. A réginek el kellett buknia amikor arra az abszurd következtetésre jutott, hogy a flogisztikonnak negatív tömege van, és hatására a testek könnyebbek lesznek ha egyesül velük, és nehezebbekké válnak, ha kilép belőlük. Ugyanilyen viszonyban volt a növényi életről szóló új tanítás a régivel. Az utóbbi feltételezte, hogy a növény tulajdonképpen tápanyaga, mely a mezőgazdasági termelés folyamán a termés növekedését határozza meg, szerves eredetű, vagyis a növényi vagy állati szervezetben képződik. Az új tanítás viszont azt feltételezte, hogy a zöld növények tápanyagai szervetlenek és a növény szervezetében alakulnak át szervessé. A növény szervezetének minden alkotóelemét szervetlen elemekből építi fel, és a növényi szervezeten belül - mint alacsonyabb rendűben - a vért alkotó legmagasabb összetételű kötések is létrejönnek, melyekből azután az állati szervezet épül fel.

A korábbi tanítással szemben fennálló ellentéte miatt az új tanítás az "ásványi elmélet" elnevezést kapta.

Az "ásványi elmélet" története

Mivel az ásványi elmélet kifejlesztésében én is részt vettem, ezért e könyv olvasóinak el kell viselniük, ha én ezt az elméletet kissé bővebben fejtem ki. Nevezetesen azon alapelvek miatt, melyeken az én nézeteim is nyugodnak, és ezáltal érdemben is megítélhetők azok az ellentmondások és vélemények, melyek ennek az elméletnek 20 éven át ellenszegültek.

A növények táplálkozására vonatkozóan a következő állításokat fektettem le:

"Valamennyi zöld növény tápanyaga szervetlen vagy ásványi anyag."

"A növény szénsavból, ammónium-hidroxidból (salétromsavból), vízből, foszfor-savból, kénsavból, kovásvából, mészből, magnéziumból, káliumból (nátriumból), vasból áll, és némelyeknek még konyhasóra is szükségük van."

"A növényi életben szerepet játszó föld, víz és levegő valamennyi alkotórésze között, valamint a növények és az állatok valamennyi alkotórésze között kapcsolat áll fenn. Ha az egész okozati láncban, mely közvetíti a szervetlen anyagok átalakulását, egyetlen láncszem is hiányzik, akkor az adott növény vagy állat nem létezhet!"

"A trágya az emberi és állati ürülék nem szerves alkotóelemei révén hat a növényi életre, hanem közvetett úton, a bomlási folyamatok végtermékei által. Tehát annak következtében, hogy a C-tartalmuk szénsavvá és N-tartalmuk ammóniává ill. salétromsavvá alakul át. A szerves trágyát tehát, mely növények és állatok maradványaiból ill. részeiből áll, azokkal a szervetlen vegyületekkel lehet helyettesíteni, melyekre a szerves trágya a talajban szétesik."

Ezek a tételek a korábbi nézetekkel teljes ellentétben álltak.

Ami a szén eredetét illeti, az érvényes tanítás az volt, amit De Saussure mondott. Szerinte a szénsav asszimilációja eltér aszerint, hogy vadon növe vagy kultúrnövényekről van szó. A vadon termők, melyeknek szerves anyaga a levegő szénsavából származik, mezőgazdasági szempontból majdnem értéktelenek. A kultúrnövények azonban a harmad- és negyedrendű anyagaik fő részét a humusz-ból és a termékeny talajban lévő oldható szerves anyagokból nyerik. A trágyázás elmélete szempontjából ezek a legfontosabbak. (Annal. d. Chemie u. Pharmacie, 42. kötet, 275. old.) Ez a nézet semmi visszataszítót nem tartalmazott, ha az ember a növényt önmagában létező lényként szemlélte, amely más lényekkel, vagy más jellegű folyamatokkal nincs semmiféle kapcsolatban. Magában foglalt ez a szemlélet egy szénkörforgást, mely végtelen időig fennállhatott: ami a növénynek fölösleges volt, ismét a körforgásba került, amire a növénynek szüksége volt, azt az atmoszféra pótolta.

Az elméletet nem bizonyították és valamennyi szokásos érv gondos felülvizsgálata után nem is tűnt az számomra bizonyíthatónak. Saját nézetem bizonyításához nem kapcsolódott semmiféle kísérlet, azonban a növény-állat-atmoszféra közötti természeti törvényeken nyugszik. Amikor a növény életét az állati légzés-sel és az atmoszférikus levegő stabil oxigéntartalmával kapcsolatba hoztam, akkor az oxigén körforgásából adódott a szén egyedüli forrása, ami csak a légköri szénsav lehet. Ezt a nézetet Knop és Stohmann kísérletei közvetlenül és vitathatatlanul igazolták.

A növények (és közvetve az állatok) alapvető N-forrása a légköri ammónia. Ezt az állítást előttem senki sem mondhatta ki, mert azon kísérleteim és ismereteim adataira támaszkodott, melyek az állati és növényi anyagok bomlási folyamatait írták le. (Lásd: Über die Erscheinungen der Gährung, Fäulniss und Verwesung." Az erjedés, rothadás és a bomlás jelenségeiről. Annal. der Chemie u. Pharm. XXX. kötet, 250. old. 1839).

Ha jól hiszem, én mondtam ki elsőnek azt is, hogy az összes N-t, amit az állat vagy az ember a táplálékával élete folyamán felvesz, legnagyobbbrészt a vizeletével üríti ki karbamid alakjában. Tehát olyan kémiai vegyület formájában, mely közönséges körülmények között rendkívül gyorsan alakul át ammónium-karbonáttá. A N-tartalmú anyagok átalakulásának végtermékei az ammónia (ill. a salétromsav) és a szénsav. A párizsi Innocens temető exhumálásakor a sok ezer hulla N-tartalmú anyaga sokkal gyorsabban alakult át gázalakú vegyületekké, mint a zsiradék. Az N-vegyületek maradványát a zsírokban ammónia (ill. ammónium-hidroxid) alakjában lehetett kimutatni. Hasonló átalakuláson mennek át a csontok N-tartalmú vegyületei, amikor levegővel és nedvességgel kerülnek érintkezésbe.

Scheele (opus II. 273.), De Saussure (A. Gehlen II. 691.) és Colard de Marlingny azon megfigyelése, hogy szobában tárolt, sósavat tartalmazó üvegek szájánál, vagy pedig kénsavas oldatok levegőn történő tárolásánál ammóniumsók keletkeznek, éppenúgy nem bírt jelentőséggel az elméletemet illetően, mint az a 35 éve tett felfedezésem, hogy az esővízben ammónia és salétromsav fordul elő. Először igazolni kellett, hogy az ammónia a levegőben és az esővízben mindig jelen van, és az ammónia kivételével minden más N-vegyület kizárható a növényt tápláló N-vegyületek köréből. Az ammónián kívül a természetben más, a növény számára N-t szolgáltató vegyület nem fordul elő.

Néha azt állítják, hogy De Saussure felismerte az ammóniumsók ilyen szerepét. Ezzel kapcsolatban "Recherches sur la Végétation" c. munkájának (németre fordította Voigt) 190. oldalát idézik. Itt valóban található egy mondat, amelyben az "ammoniakalisch" szó fordul elő, de ezen kívül az ammóniáról egyáltalán nincs szó, ill. csak mint a levegő alkotóeleméről, nem pedig mint növényi N-forrásról. Szerinte többféle N-forrás létezhet, de köztük az ammónia nem fordul elő. Erről egészen határozottan nyilatkozott (lásd: Bibliotheque universelle T. XXXVI. kötet, 430. old, és Annalen der Chemie und Pharm. 42. kötet, 273. old.). E művében nézetem ellenzőjeként lép fel és tagadja, hogy az ammónia növényi tápanyag volna. Kijelenti, hogy az ammónia előnyös hatását a humusz, valamint a talajban és levegőben lévő szerves anyagok oldószereként fejti ki.

Könyvemben nem fektettem különösebb súlyt a salétromsavra, mint növényi tápanyagra. Nem azért, mert jelentőségét alábecsülném, hanem mert megfigyeléseim arra az eredményre vezettek, hogy a talajban képződő salétromsav minden körülmények között a rothadásnak, ill. az ammónia oxidációjának terméke. Amikor a növény növekedéséhez salétromsavat használ fel, akkor ez - nézetem szerint - csak azt az ammóniát helyettesíti, amelyből keletkezett.

A salétromképződés magyarázata, amit 20 évvel ezelőtt a könyvemben, majd később a "Kémiai Leveleim"-ben (98. old.) leírtam, majdnem szóról szóra megegyezik azokkal a kísérletekkel és megfigyelésekkel, melyeket egy kiváló francia kémikus ugyanerről a tárgykörrel mostanában közölt. Nézetem a

salétromsav képződéséről olyan megfigyeléseken alapult, melyeket egy igazi salétromtelepen gyűjtöttem sok éven keresztül. Ez pedig nem volt más, mint Giessenben, a lakásom közelében lévő csendőrségi lóistálló nyugati fala. Száraz, meleg napokon a falat szétfolyó, salétromsavas sókból álló, hajszálszerű kris-tályok alakjában megjelenő lerakódás vontat be, mely bevonat, ha eltávolították, újra képződött. A talaj fölött a falon található folyékony anyagokat megvizsgáltam és egy igen csekély mennyiségű, lebomlásban lévő anyagon kívül kizárólag ammónium-karbonátot találtam benne.

Ami a foszforsavat, mint a növények tápanyagát illeti leírtam azt, amit De Saussure már 40 évvel előttem kimondott: A növények fejlődéséhez a foszfor Ca-sója szükséges. Erre a nézetre azonban nem fordítottak figyelmet. "Ezt a sót" - mondotta De Saussure - "minden általam vizsgált növénynek a hamujában megtaláltam és nincs okunk azt állítani, hogy a növények enélkül létezni tudnának." (Recherches sur la Végétation.)

A Ca, K és Mg növényi táplálkozásban játszott szerepének szükségszerűségét De Saussure külön is megvizsgálta. A növényfiziológia fejlődése számára szerencsétlen körülmény volt minden bizonnyal, hogy megfigyelései két fás növényre korlátozódtak. A növények hamujában a kálium, a magnézium és a mész mennyisége a talajok természete és a növények kora szerint változott. Ilyen változások a növények leveleiben és szárképződményeiben fordulnak elő, míg a magok hamujának összetétele meglehetősen konstans és az eltérések igen szűk határok között mozognak. A foszforsav, a kálium, a mész és a magnézium mindig bizonyos arányban állnak a növények vérképző anyag tartalmával, a kálium a cukorral stb. A magok összetételében ezek az arányok igen tisztán jelennek meg.

Azt a tanítást, hogy a növényi hamukban található alkálifémek és alkáliföldfémek tápanyagok és nem véletlenül előforduló alkotóelemek, gyakran Sprengelnek tulajdonítják, aki talajtanában valóban valamennyi hamualkotórészt szükségesnek nyilvánított. Nézeteit azonban sem a tudomány, sem a mezőgazdaság nem értékelte, mert De Saussure kísérletei szerint a növények gyökerei azzal a tulajdonsággal bírnak, hogy a legkülönbözőbb sóoldatokból a feloldott sót fel tudják venni. Ezek alapján bármelyik hamualkotórész jelenléte nem szolgálhatott bizonyítékkal annak szükségességét illetően. Ez természetesen nem zárja ki azt, hogy a mezőgazdaság nagy előnyre tehetett volna szert, ha Sprengel nézeteit tekintetbe veszi és az egyes hamualkotórészek hatékonyságát a mezőgazdák megvizsgálták volna. Ezt éppen olyan jól el lehet végezni a tapasztalatok, mint az elmélet alapján. A hamu már a legrégebb idők óta ismert hatékony trágyaszer.

Sprengel tanításának sikerét csökkentette, hogy ő valójában nem ismerte a növények hamualkotóelemeit. Feltételezte, hogy a legtöbb növényi hamuban ugyanazok az alkotórészek vannak jelen, mint a fa hamujában. Így pl. szerinte a borsóhamuban 18 % kavasav és 4 % foszforsav, a rozsszem hamujában 15 % kavasav és 8 % foszforsav van. Mindkét vetőmag hamuja azonban ténylegesen

nem is tartalmaz kovasavat. Ezzel szemben a borsóhamu 38, a rozsszem hamuja pedig 48 % foszforsavat mutat.

Az egyes elemek élettani funkciói még ma sem teljesen tisztázottak (mint pl. a mész összefüggése a cellulózképződéssel, vagy a foszforsav összefüggése a N-tartalmú vegyületekkel). Az a tény, hogy ezek tápanyagok, csak más kétségtelenül fennálló kapcsolatokból következett. Így a kálium a növényekben mindig növényi savakhoz kapcsolódik, pl. borkősavhoz, oxálsavhoz stb. A takarmánynövények állandó hamualkotórészei az állatok táplálkozási folyamatában meghatározott szerepet játszanak. A foszforsav ill. Ca-foszfátok hiányában az agy és a csontok anyagának képződése elképzelhetetlen. Éppoly kevésbé lehetséges a vér vagy az izmok alkotóelemeinek képződése vas vagy alkáli elemek nélkül. Ha ezek az anyagok az állati szervezetben nélkülözhetetlenek, akkor - s ez volt a következtetésem - a növény fejlődéséhez is szükségesek. Amennyiben véletlenszerűen fordulnának elő, felcserélődésük esetén az állat léte kerülne veszélybe.

Tanaimat szóban vagy írásban vitatók közül kevesen rendelkeztek azzal a képességgel, hogy tudományos tényeket és különösen kémiai jelenségeket helyesen ítéljenek meg. Sokan téziseimet kiforgatva vitatkoztak. Mások olyan élettani és agronómiai vizsgálatokra hivatkoznak, melyek a pontos, egzakt módszereket nélkülözik. Aki pl. nem ismeri az idegen nyelvet, nem érthet meg egy idegen nyelven írott könyvet. A kezdő azzal kezdi a kémiai elemzést, hogy a testek tulajdonságait, azaz az anyagok reakcióit tanulja meg. Aki a legismertebb és könnyen azonosítható anyagokat sem tudja egymástól megkülönböztetni, az a kémia kérdéseiben ne hallassa szavát. Így pl. a fiziológiai munkákban az oxálsav felcserélése a foszforsavval, vagy a salétrom felcserélése a salétromsavas karbamiddal nem olyan tévedések, melyeket meg lehetne bocsátani.

A kémiai műveletek elvégzésére nem mindenki alkalmas. A minőségi és mennyiségi analízis feltételezi a vegyész eszközeinek és műszereinek ügyes kezelését és azon feltételeknek pontos ismeretét, melyeknek egyidőben fenn kell állniuk, hogy a kísérlet sikerüljön. Mindezek együttléve alkotják azt a "művészetet", amit fáradsággal kell elsajátítani. A kémia oktatója tudja, hogy az ehhez való tehetség éppen olyan ritka, mint minden más művészet esetében. A tapasztalatlan még a vizsgálati eredmények reprodukálására sem képes. Ha ráadásul a saját elgondolása szerint végzi az elemzéseket és ehhez még bizonyos önteltség is járul, könnyen fedez fel újat. A talált "új" annál csodálatosabb lesz, minél tudatlanabb és ügyetlenebb az illető. Hasonló helyzetbe kerülhet a kémiai alapokat nélkülöző gazda.

Sajnos a közvélemény könnyen félrevezethető. A legtöbb ember a helyeset a helytelentől, az értékeset az értéktelentől nem tudja megkülönböztetni. Minél nagyobb az adatok halmaza, annál nagyobb jelentőséget tulajdonítanak neki. Éppúgy mint egy gyerek (aki hallotta, hogy a szeméthalomban néha aranygyűrűket lehet találni) úgy véli, minden szeméthalomban arany vagy ezüst van elrejtve. A balga követi a rossz vezetőt, így nem csoda, hogy zsákutcába kerül.

Egy ellenségeskedésről itt saját szavaimmal szeretnék szólni. Személyes motívumokból eredt és makacsságát e motívumok ismerete nélkül nehezen lehetne megérteni. 1846-ban Giessenben Fleitmann és Laskowski vizsgálatokat végzett a dr. Mulder úr által leírt proteinnel kapcsolatban. Megállapították, hogy a vérnek és állati szöveteknek ez a S-mentes alapanyaga nem létezik, a felfedezés csalás volt. Én tévesen azt hittem, hogy Mulder úr ezen eredmények előzetes tájékoztatásáért hálás lesz nekem. Az eredmények közzlése előtt írtam neki és felszólítottam, hogy korábbi kísérleteit folytassa tovább és amennyiben tévedett, tévedését saját maga javítsa ki. Erre két, rendkívül furcsa tartalmú levelet kaptam tőle, melyeket folyóiratomban 57. kötetében le is közöltem. E levelekben tájékoztattam, hogy amíg csak él, az ellenségem lesz és mindent meg fog tenni, hogy bűnös voltomat a világnak megmutassa. Még 14 napot ad nekem, hogy megjavuljak és kijelentsem: az a boldogtalan protein létezik.

Kívánságát nem tudtam teljesíteni és később Mulder úr került abba a sajnálatos helyzetbe két cikke nyomán (melyeknek céljuk volt a vitatott protein létezését bizonyítani), hogy negatív bizonyítékokat szolgáltatson állításával szemben. Azóta támadásai céltáblája vagyok. A "Chemie der Ackerkrume" (A szántott réteg kémiája) c. könyvében Mulder úr kioktat engem, hogy a szántott réteggel kapcsolatos vizsgálataim mennyire hézagosak és nem kielégítőek. Ezt sajnos magam is tudom s vigaszul szolgálhat, hogy igyekeztem a legjobb képességeim szerint dolgozni. Megbotránkoztató számára a tudományos nézeteimben bekövetkezett változás. Évekkel korábbi véleményemet a későbbiekkel veti össze és bizonyítja, hogy következetlen vagyok. Ezt a hibát kénytelen vagyok beismerni. A kémia rohamos léptekkel halad és a fejlődéssel lépést tartó vegyészek az állandó vedlés állapotában vannak. Akinek új tollai nőnek ki és a régiek kihullanak, jobban repül. Milyen kevés kielégülést adhat a tudomány az olyan embernek, aki idejét és erejét arra költi, hogy mások fáradságos munkáiból a tökéletlenségeket felszínre hozza. Aki sokat dolgozott, annál természetesen több hibát fog találni.

Mulder életrajzában (Illustrierte Zeitung 1857. 39. old.) az áll, hogy a kémiából az első évben semmit nem tudott megérteni, ami elkésérítette, de nem riasztotta el. Ez indította őt arra, hogy Orfila-tól a kémiai alapjait, s később Thenard "A kémia kézikönyve" c. művének első kötetét kívülről megtanulja. "Bizonyosan szokatlan módja annak, hogy vegyésznek képezze ki magát az ember", ami azonban sokat megmagyaráz a munkáiban található tételekből. Tanaimnak azonban a legnagyobb kárt saját magam okoztam egy trágyakeverék összeállításával. A trágyaszor fejlődésem egy szakaszát képezi, melyre most mint túlhaladott álláspontra tudok visszatekinteni. A történetét elmondom. E nélkül a trágya nélkül a mezőgazdaság talán nem jutott volna el arra a szilárd talajra, amelyen most áll!

Az ásványi (mû)trágyák története

A trágyázás kérdéseivel foglalkoztam az 1844 és 1845-ös években. Nem volt nehéz feladat az elszállított gabona és más termékek elemzése révén megtudni, hogy mit vontak ki a talajból és mit kell a talajba visszajuttatni a termékenység megtartása céljából. De hogyan történjék a visszajuttatás? A P szuperfoszfátként alkalmazható. A foszfátok feltehetően Ca-foszfáttá alakulnak a talajban és a szénsav tartalmú víz hatására oldatba mehetnek, így a növény táplálást szolgálhatják. Az esővíz érdemi kilúgzásukat nem okozhatja. Másképp állnak a dolgok a K-mal. Ha fahamu vagy valamilyen oldható só formájában K-ot adunk, a lehulló esővíz a sót feloldhatja és kilúgozhatja. Általános és egyeduralkodó volt az a nézet, hogy csak a talajoldat tápanyagai felvehetőek.

Néhány kísérlet után sikerült összeállítanom egy $K_2CO_3 + CaCO_3$ -ból álló keveréket, mely a K kilúgzását volt hivatva megakadályozni. Ezzel a mesterséges trágya előállításához a legfontosabbak megoldottnak tűntek. A műtrágyám oldható foszforsavat, káliumot és kénsavat tartalmazott. A N-t ammóniumsók alakjában adtuk. A kovasav pótlását nem tartottam szükségesnek, mivel általában a szalmát a szántóföldön hagyták. Nagy valószínűséggel egyes növényeknek nincs N-re szükségük. Nevezetesen a sok levelet hordó növényeknek, a lóherének, borsónak, babnak. Ha az ammóniát elhagyjuk a trágyából, akkor ára jelentősen csökken. Ettől eltekintve valamennyi trágyaféleség az elérendő termésnek megfelelő mennyiségű ammóniát is magában foglalt, egyből sem hiányzott az ammónia. (An adress to the Agriculturist of Great Britain, explaining the use of artificial manures Liverpool. Printed by Thom. Baines, Castlestreet, 1845.)

Bár trágyáimban a hatékonynak ismert tápelemek benne voltak, távolról sem jelentkezett a várt hatás. Angliában a műtrágyagyáros J.B. Lawes kísérletezett keverékeimmel rothamstedi földjein. Egy sor kísérletet állítottak be, hogy a trágyaszereim jóságát ill. értékét kipróbálják. Magam is meggyőződtem erről a hatástalanságról, amikor Giessen városától erre a célra kapott földön kipróbáltam a trágyaszereket. Az első évben csekély eredmény mutatkozott, csak a másod- és harmadik évben volt a hatás észrevehető. Nem voltak teljesen hatástalanok, de gyakorlati célokra alkalmatlannak bizonyultak. Ennek okát nem értettem.

Lawes más keverék trágyákkal állított be szabadföldi kísérleteket, melyek eredményei ásványi elméletem alátámasztották, de a trágyaszereim hatástalanságának okát illetően még jobban összezavartak. Az angliai kísérletek eredményei közben helytelen magyarázatot nyertek, mert a Királyi Mezőgazdasági Társaság elnöke tanaim engesztelhetetlen ellenségévé vált. Pusey úr a Társaság folyóiratának egyik cikkében (T. XI, Part. II) ezt írta: "Az ún. ásványi elmélet, mely szerint a termékek a talajban ill. a trágyában levő ásványi anyagok mennyiségével egyenes arányban nőnek vagy csökkennek, Lawes úr kísérleti eredményei következtében halálos csapást kapott. Lawes úr, a mi legjobb szaktekintélyünk annyit bizonyosan kimutatott, hogy a trágyák két hatékony alkotórésze közül az ammónia különösen a búza, a foszfor pedig a répa esetében hatékony. Liebig azon javaslatán kívül, hogy csontokat kénsavban kell feltárni, valamint Sir Rob. Kane

javaslatán kívül, hogy a kender áztatóvizét kell trágyaként alkalmazni, nem létezik semmi olyan újítás, amit a mezőgazdaság a kémiától kapott volna. A gazdák nem képezhetők azzal, hogy kétes értékű kémiát is oktatunk."

Lawes egymás után kipróbálta az összes olyan anyagot, melyeket szervesetlen tápanyagokként megjelöltem: a K, Ca és Mg nem növelte a terméseket. Jelentős hatást az ammóniumsók és a szuperfoszfát gyakorolt. A szuperfoszfátot emeltem ki, mint az angol szántóföldek legszükségesebb trágyáját. Mindkettő szervesetlen tápanyag volt és hatásuk megfelelt az "ásványi elmélet"-nek. Amint már előbb is mondtam, hogy ti. bizonyos növények az ammóniát mint trágyát nélkülözni tudják, ez bebizonyosodott, a tarlórépa fejlődéséhez nem volt szükség ammóniára.

A tarlórépa Anglia legfontosabb takarmánynövénye. Ha az ammóniumsók a búzatermés fokozására, a szuperfoszfát pedig a répahozamok emelésére kiválóan alkalmas, akkor az angol mezőgazdaság e két műtrágya formájában a kémiától a legértékesebb ajándékot kapta, amit csak adhatott ez a tudomány, hogy húst és kenyert tudjon előállítani. Hiszen az "ásványi elmélet"-tel történő megismerkedés előtt a gyakorlati gazda sem a szuperfoszfátról, sem az ammóniumsókról nem tudott semmit.

Eredménytelenül próbálkoztam a Királyi Mezőgazdasági Társaság folyóiratának címzett "Megjegyzés"-ben Lawes kísérleteinek téves értelmezését helyesbíteni és megmagyarázni, hogy adatai nem állanak ellentétben tanításommal, sőt megerősítik azt. Készségesen elismertem, hogy műtrágyáim valamilyen számomra érthetetlen módon rosszul vannak összeállítva. Csekély hatékonyságuk oka formájukban és minőségükben rejlik, nem pedig összetételükben. Tudnivalóan ugyanazokat az alkotórészeket (foszforsavat és ammóniumsókat) tartalmazták, melyekről Lawes kimutatta, hogy a leghatékonyabbak, így hát a szerencsétlen trágyakeverékem nem az ásványi elméletre mér csapást.

A Királyi Mezőgazdasági Társaság folyóirata nem adott helyt számomra, így elhatároztam, hogy mondanivalómat a Kémiai Leveleim harmadik kiadásában (1851-ben) fogom közzéadni. Akkor még mindig nem tudtam a trágyaszereim hatástalanságának okát. Ez a magyarázat csak ártott elméletemnek. Már 1847-ben Lawes úr értekezést írt "Az agrokémiáról" címmel (Journ. of th. Roy. Agr. Soc. VIII, 240), melyben nemcsak trágyáim hatástalanságáról számolt be, hanem tanaimat cáfolva saját elméletet állított fel, melyet a következő mondatok tartalmaznak: "A trágyákat általában két csoportba soroljuk, szerves és szervesetlenbe. Szerves trágyák képesek a növény számára lebomlással vagy más módon C-t, H-t és N-t szolgáltatni. A szervesetlen trágyák az ásványi alkotóelemeket tartalmazzák, melyekből a növények hamuanyaga áll."

A fentiekből következik, hogy a műtrágyák összetételében az ammóniumsók - melyek szerinte a szerves trágyákhoz tartoznak - nem fordulhatnak elő. Minden kémiai tankönyvben az ammóniát és sóit a szervesetlen anyagok között tárgyalják. Lawes úr agrokémiája tehát különleges kémia, mely a közönséges kémiával semmiféle kapcsolatban nem áll. Így elméletét igazolni, az enyémet cáfolni

próbálta. Értekezésének 21. oldalán azt írja, hogy trágyáimnak ammónia szaga van, ammóniumsót tartalmaznak. De a sorok között kiolvasható, hogy ez csak trükk, mely a trágyák hatékonyabbá tételét szolgálja.

Könyvem első két kiadásában túl nagy súlyt fektettem az ammónia N tápanyag értékére. Az "Agrokémia" c. könyvem harmadik kiadásában törekedtem korábbi helytelen nézetem felülvizsgálatára. A N-t Franciaországban és Németországban a trágyák leghatékonyabb vagy talán egyedül hatásos alkotórésznének tartották, a trágyaszereket e szerint rangsorolták. Mivel az ammónia valamennyi vegyület közül a leggazdagabb N-ben, a legértékesebb és leghatékonyabb trágyaszér. Amennyiben azonban a termések növelése a kívülről beszerezhető N-től függ, a mezőgazdaságban örökre le kellene mondani a fejlődésről.

Óva intettem a gazdákat attól, hogy az ammóniát túlértékeljék más trágyaszerekkel szemben. Nagyszámú, laboratóriumomban végzett elemzés szerint valamennyi talaj, még a legrosszabb minőségű is, sokkal gazdagabb N-ben, mint P-ban és K-ban. Az atmoszféra önmagában is kimeríthetetlen N-forrás, melyet a helyes vetésforgó hasznosíthat. Gyakran nem tudjuk, hogy mely tápelem van miniumban pl. Bogenhausen, Schleissheim vagy Rothamsted térségében. A többségnek szüksége van támpontra. Logikus tanácsolni, hogy a terméssel elvitt tápanyagokat pótolják. Hogy ez melyik anyag és mennyi, azt a kémiai elemzés mutatja meg.

Természetesen felesleges pár font Ca-ot vagy K-ot visszajuttatni ott, ahol a talaj több 100 ezer font Ca-ot tartalmaz, vagy K-ban gazdag. De aki ezt nem tudja, trágyázzon a termésbiztonság érdekében. A K-ban vagy Ca-ban szegény talajon talán ez a pár font Ca vagy K szükséges ahhoz, hogy a répa vagy here terméshozamai biztosak legyenek. Többet általában az istállótrágyájával sem ad a gazda. Ha nagyobb terméseket akar elérni, akkor többet kell adnia. Ha pl. az 50 év előtti termékenységet kívánja, az 50 év alatt fellépett veszteséget kell pótolnia.

Ezek voltak tanításom alapjai, melyeket könyvemben kifejtettem. Ebből következett, hogy a hozam a talajerő ill. az ásványi tápanyagtőke javulása vagy romlása szerint nőhet vagy csökkenhet. A szervetlen és szerves tápanyagok között semmiféle ellentétet nem állítottam fel. Ezzel nem tagadtam, hogy az Odera gazdag földjein istállótrágyával (a termésben eladott tápanyag visszajuttatása nélkül) nagy gabona- vagy répahozamok érhetők el tartósan. Sem pedig azt, hogy Rothamstedben P és N trágyákkal (a K és Ca elhagyásával) nagy búzatermések nyerhetők. Azt mondtam, hogy tekintsenek a brit szigetekre, ahol a terméssel hatalmas mennyiségű hatékony talajtápanyagot szállítanak a városokba. Ezek a tápanyagok a gazda számára elvesznek, mert a folyókon keresztül a tengerekbe kerülnek.

Az angol farmer tudja, hogy emiatt földjeinek termése csökkenni fog. Tudja, hogy emiatt Angliában évente sok millió font gyapotot kell megfonni, megszöni, fehéríteni és nyomtatni. Úgyszintén sok borotvakést és más acél- és vasárút kell

előállítani ill. eladni ahhoz, hogy a hiányzó trágyaszereket vagy a gabona beszerzéséhez szükséges pénzt előteremtsék. Kénytelen font sterling milliókat kiadni azért, hogy földjeit megfelelő állapotba hozza és a nagyvárosokat élelemmel megfelelően ellássa. Ellenkező esetben még többbe kerülne a szükséges gabona és élő állat megvásárlása. A guanót és a csontlisztet nem passzióból, hanem kényszerből vásárolja. Mivel a talajok összetétele eltérő, más és más trágyaszert igényelnek. Amennyiben pl. Lawes úr kijelenti, hogy "a szántóföldek talajában igen nagy K-felesleg található, éspedig 10 col mélységben több mint 50.000 font", akkor az oxfordshirei vagy másmilyen "shire"-i gazda ne gondolja, hogy az ő földjeiről van szó. Hiszen ő nem tudhatja, hogy mások földjei mely tápanyagban gazdagok és melyben szenvednek hiányt.

A légkör N-készlete összességében kimeríthetetlen ugyan, de az ammónia szolgáltatása nem képes némely növényfaj N-igényét fedezni a tenyészidő folyamán. A nitrogén eredetéről szóló fejezetben hangsúlyozottan ajánlottam a gazdának, hogy igyekezzen az ammóniát istállótrágyájában mindenáron megőrizni és a veszteséget elkerülni, mert számos termesztett növény hozama az ammónia feleslegétől függ. Az istállótrágya hamualkotórészei N nélkül hatástalanná válhatnak. A tápelemek megfelelő arányára van szükség.

Főként a tavaszi, rövid tenyészidejű növények igényelnek több N-t, mint amit a levegő ebben az időszakban szolgáltatni képes. A gazda azonban a takarmánynövények segítségével képes a levegőből N tápanyagot összegyűjteni és az istállótrágyában felhalmozni. Így a többi növénynek minden évben annyi N-t adhat, amennyire szüksége van. A gazdálkodó művészete ill. tehetsége abban nyilvánul meg, hogy a körforgás állandóan fennmaradjon. Képletesen kifejezve úgy kell eljárnia, mint a vízhiánnyal küszködő molnárnak. Ha nyáron nincs elég vize, akkor más hónapokban a felesleget egy tóban összegyűjti.

Miközben Lawes úr bizonyítási módszerét átugrom, magára a bizonyításra térek rá. Trágyázási elméletében leszögezte, hogy az ásványi trágya ammóniát nem tartalmaz, így keverékeimnek nem képezi alkotóelemét. Kísérleteivel kimutatta, hogy trágyám hatékonysága jelentősen megnő, ha ammóniumsókat adunk hozzá. Az igazságnak megfelelően mondhatta volna, hogy túl kevés ammóniát adtam a trágyaszereimhez. Ez mindenesetre felfedezés lett volna. Kísérleteinek azonban nagyobb horderőt tulajdonított. Szerinte az atmoszférában nincs elegendő N a gabona táplálásához. Legfontosabb a N trágya, mert a termés az adott ammónia mennyiségével jobb arányban áll, mint a hamualkotórészek adagjával.

Lawes úr ezenfelül még egy sor más kísérletet is beállított, melyekben a talajt a saját fantáziája szerint összeállított trágyaszerekkel kezelte. A műtrágyák megválasztásánál a növényi összetételt, a kémiai analízist nem vette alapul. Ezekkel az anyagokkal éppen olyan nagy, vagy még nagyobb terméseket kapott, mint az én "búzastrágyámmal", ha még ammóniát is adott hozzá. Ebből arra a következtetésre jutott, hogy a búzahamu-elemzési adatokra és más tudományos elvekre épülő tanácsokkal a gazda ne hagyja magát vezetetni, csak a gyakorlattal.

A harmadik állításomat, hogy ti. az ammónia nem túl fontos trágyaszor és önmagában nem fejt ki hatást, Lawes úr a következő elmés módon cáfolja: 1844-ben egy táblát acre-ként annyi szuperfoszfáttal és káliummal trágyázott, mely megközelítően egyenértékű volt 1750 font guanó hatékony ásványi alkotórészével. Majd a következő években ugyanezt a táblát csak ammóniumsókkal kezelte. Az ammóniumsókkal végzett trágyázás kedvező eredményre vezetett, ahogy erre számítani is lehetett. Hat egymást követő évben ammóniumsókkal trágyázva a szántó évente átlagosan 551 font szem- és 933 font szalma termés-többletet adott. Megközelítően 50 %-kal többet, mint az azonos nagyságú trágyázatlan. Németországban egy angol acre-nek megfelelő területen 1750 font guanóval vagy ennek a guanómennyiségnek a hatékony alkotóelemeivel (szuper-foszfát, kálium és ammóniumsók) 8 gabonatermést lehet ugyanekkora többlet-terméssel betakarítani.

Vajon Lawes úr tudott-e Schattenmann 1843-ban Franciaországban végzett kísérleteiről, aki 10 gabonátáblát kezelt még nagyobb mennyiségű ammóniumsóval kizárólagosan, és egyetlen font szemterméstöbbletet sem kapott. Sőt, egyes esetekben 558-608 font/acre szemterméscsökkenést tapasztalt a kontrollhoz viszonyítva. Mindenesetre Lawes úr mindent megtett, hogy a tényeket a saját következtetéseihez igazítsa. Cikkének (X. 11. Part. Journ. of the Royal Agr. Soc. 1851) utóiratában Ph. Pusey úr nem késlekedett téziseimet a következő módon visszautasítani. "Ez a fontos értekezés, amint arra már a legutóbbi számban is utaltam, Liebig ásványi elméletének, mint a trágyázásban irányt mutató elméletnek a teljes csődjét mutatja."

Az elméletemet teljes mértékben elítélték. A kémia nem volt többé a gazda irányítója. Most már kevés hiányzott ahhoz, hogy engem és kevés befolyásomat a mezőgazdaságra számítani lehessen. Ezt a próbát is kiállta tanításom - és talán mondhatom - frissebb és egészségesebb, mint valaha. Amikor Lawes értekezése 1851-ben megjelent, még mindig nem ismertem trágyaszoraim csekély hatékonyságának okát. Ha az ammóniumsók hiánya az ok, akkor nincs mit tenni. Ha elméletem valamelyik alapvető tétele hamis, akkor a gazdáknak nem lehet segítséget nyújtani. Lawes kísérleteiből következett ugyanis, hogy az 50 % terméstöbblet 3 mázsa ammóniumsót igényel acre-ként.

Statisztikai adatok alapján világítógázból és állati hulladékokból Angliában, Franciaországban, Belgiumban, Németországban és Ausztriában 25-30.000 tonna szalmiákszeszt és ammónium-szulfátot gyártanak. Ez a mennyiség nem elegendő a Hesseni Nagyhercegség talajainak trágyázásához, ha ammóniumsókkal 50 %-kal több termést kívánunk elérni. Ha hozzászámítjuk Poroszországot, Ausztriát, Bajorországot és a többi német államot, Nagy-Britanniát, Franciaországot és a skandináv államokat, akkor az Európában gyártott ammóniumsók mennyisége arra elég, hogy egy acre szántóföldnek évente 1 fontnyi műtrágyát lehessen adni!

A világítógáz gyártási kapacitását nem lehet tetszőlegesen bővíteni és az állati hulladékok beszerzése (szarvak, körmök, csontok), melyekből az ammó-niumsókat

előállítják, szintén szűk határok közé szorul. Ezek szerint nincsen hatalmunkban az ammóniumsók gyártásának fokozása. Az összes szükséglethez képest még a tízszeres termelés is csak cseppet jelentene egy vödör vízben. Amennyiben valóban ilyen N-igény állna fenn, célszerűbb lenne az ammóniumsók helyett azokkal az állati hulladékokkal trágyázni, melyekből az ammóniumsókat előállítják. Mindenesetre kétszer annyi N állna így rendelkezésünkre, mivel a N fele az ammóniumsók gyártásakor a melléktermékekben visszamarad és elvész.

Még egy előny jelentkezne. Az állati testben más ásványi elemek, mint pl. P, K stb. is jelen vannak, amelyek adagolásáról ezek után már nem kell gondoskodni. A N-ben gazdag vizeletet és az emberi fekáliát választva járunk a legjobban, mert ezek teljes értékű tápanyagforrások. Sajnos éppen az állati eredetű trágyákban szenvedünk hiányt, mennyiségének növelése nem áll hatalmunkban! Azt állítani, hogy ilyen körülmények között ammóniumsókat adjunk, gyerekes dolog.

Ezek szerint a N kérdésben két felfogás áll egymással szemben. A liebigi vélemény szerint a több gabona és több hús termelése - amit a növekvő népesség elvár - ammóniumsók nélkül elérhető. A haladás feltétele a természetes források hasznosítása. Tények ezrei tanítanak arra, hogy ez lehetséges. Lawes szerint a gazda minél több ammóniumsót vegyen, mert nincs más út a termések növelésére. Helyes, hogy Lawes úr tanítását alapvetően az angol szántóföldekre akarja vonatkoztatni, bár nem zárja ki az általánosítást: "to apply to agriculture as generally practised in this country that is to say agriculture as it is" (Journ. T. XVII. Part II. 452. old.)

Angliában az ökrök és juhok húsa sokkal jobb, mint Franciaországban vagy Németországban. Az angol búzával sem lehet másik búzát összehasonlítani és az angol tarlórépa tápláló ereje felülmúlja az összes többi takarmánynövényt. Így gondolják Angliában. Az angol szántóföldeknek is különleges sajátosságai lehetnek, ezt feltételezve a liebigi ásványi elmélet nem érvényesül. Hamis voltát Lawes úr igazolta. Ehhez hasonló az a logikai következtetés is, melyre Pusey úr, a Királyi Mezőgazdasági Társaság elnöke jutott.

Műtrágyáim kevés ammóniát tartalmaztak, részben gazdaságossági okok miatt. A trágya árának a terméshozamokkal arányban kell állnia. A nagyobb terméseknek fedezniük kell a kiadásokat és még nyereséget is kell hozniuk. Ha pl. minden font (trágya alakjában megvásárolt) ammónia segítségével 5 fontnyi hús előállításához szükséges terméstöbbletet kapunk, akkor az 5 font hús eladásából származó bevételnek fedeznie kell legalábbis a trágyára költött kiadást. Ha fedezi, akkor a gyakorlat számára megoldódott a probléma. Ellenkező esetben ez igen érdekes tudományos tény s az is marad, mely azonban a gazda üzemére semmilyen befolyást nem tud gyakorolni.

Lawes úr a kísérleteiben csodálatraméltó elfogulatlansággal taglalja az összes trágyahatást befolyásoló tényezőt. Aligha lehetséges jobb és döntőbb bizonyítékokat találni az ammóniumsók gyakorlati alkalmazhatatlanságáról, mint

azokat a tényeket, melyeket ő maga ír le. Alátámasztja ezzel az én korábbi években felállított nézeteimet. Lássuk adatait, melyeket néhány szóban össze lehet foglalni. Kísérletei átlagában fél font szalmiákszesszel és fél font ammónium-szulfáttal 2 font búzaszem nyerhető. Ez azt jelenti - amint ezt Maron úr a japán mezőgazdaságról írt beszámolójában leírja - hogy 30 Groschen 20 Groschen-t térít vissza, vagy 1 (angol) shiling 8 pence-et. Az említett árárány természetesen olyan időszakban állt fenn, amikor a gazdák részéről még nem mutatkozott kereslet az ammóniumsók iránt.

Lawes úr erről ezt írja: "Hajlandó vagyok elhinni, hogy gyakorlati célokra elfogadhatjuk: 5 font ammónia szükséges 1 bushel (60-63 font) búzaszem előállításához, melyben 1 font N van" (Journ. VIII.T.I. 246. old.). Továbbá ezt mondja a 482. oldalon: "Mellesleg meg szeretném jegyezni, hogy még a legjobb feltételek mellett sem adott az ammónia olyan terméshozadékot, amely a mi becslésünket elérte volna". Itt az ő saját szavait írom le, mert nem mertem volna ugyanezt emlékezetből idézni.

Ha a gyakorlati gazda veszi magának a fáradságot és Lawes kísérleteinek eredményeiről elgondolkodik, az alábbi vetődhet fel benne: A természetben vajon léteznek-e olyan bányák, ahonnan az ammóniumsókat felszínre lehet hozni hasonló, esetleg még valamivel nagyobb mennyiségben, mint pl. a kőszenet? Biztosan arra a véleményre jut, hogy ezeket a sókat a gabonatermések fokozásának főeszközeként csak olyan ember javasolhatja, aki ammóniumsókkal kereskedik, vagy pedig valamilyen különleges szenvedélyt érez az ammóniumsók iránt.

A gyakorlati gazda az ammónia hatásában bízva esetleg felteheti, hogy Lawes úr talán egy pontban mégis tévedett. Igaz, hogy az 5 font adott ammóniából csak 1 font nitrogén jelenik meg egyetlen év több-lettermésében, de ezzel még nincs bebizonyítva, hogy a nitrogén a visszamaradó 4 font ammóniában a jövőben többlettermések szempontjából hatástalanná vált volna. Amennyivel kevesebb jelenik meg az első év termésében, az talán a következő termésekben megjelenhet!? *Lasciate ogni speranza*, mondja azonban Lawes úr (Journ. XVI. 475. old.). Amit egyszer adtatok, az örökre elveszett. Minden évben újból be kell szereznetek ammóniumsókat. Lehetetlenség egy szántóföld talaját az elkövetkező termések számára ammóniával feltölteni. Tény, hogy miután 6 egymást követő évben oly sok ammóniát adott, 1520 font azaz 21 többletterméshez elegendő N halmozódott fel a talajban. Ez a készlet hatástalannak mutatkozott a következő termések esetében, így minden évben további 3 mázsa ammóniumsót kellett adni, hogy azonos többlettermést lehessen elérni!

Ha mármost a tudásszomjjal rendelkező gyakorlati gazda Lawes urat továbbkérdézné, hogy mi is lett ebből a hatalmas mennyiségű ammóniából, amit az angol gazdának be kell ásni a talajába, akkor Lawes úrnak erre a kérdésre is van magyarázata. Kb. a következőket válaszolja: "Az ammóniának különleges hajlama van arra, hogy a levegőbe távozzon, de az ammóniumsókban kötött savak ezt nem engedik. A Teremtő az angol növényeket azonban képessé tette, hogy a savak ilyen

irányú ellenállását legyőzzék. Nem tudjuk mi módon, de a növények gyökerei kis szivattyúkként működnek. A felvett és nem hasznosult ammónia a leveleken keresztül az atmoszférába távozik. Adott esetben 5 font nitrogénből 4 font."

Az angol kalászos növények funkciója tehát, hogy a vadon termő nem trágyázott növényeket is ellássa a nélkülözhetetlen N-nel. Eszerint a mindenről gondoskodó természeti törvény az embert arra kényszeríti, hogy ha kenyeret akar, akkor az atmoszférát ammóniával dúsítsa. Azaz minden font megtermett búzáért a levegőbe és ezzel a vadon növő növények számára kell juttatnia 4 font gabonával egyenértékű N-t. A vadontermő és a kultúrnövényekre ugyanazon törvényszerűségek vonatkoznak. A kultúrnövény trágyázása azért szükséges, hogy a növény ugyanazon a helyen tudjon újranőni. Lawes úr, az elsőrendű angol szaktekintély, a herekultúrákról szóló értekezésében ezzel kapcsolatban is kioktatott. A hereúnt talajt műtrágyákkal kívánta helyrehozni, betegségétől megszabadítani.

Ha a természettudományos kutatás szabályai szerint a herenövényt megkérdezte volna, hogy miért nem akar azon a talajon nőni, amelyet szuperfoszfáttal, káliummal, ammóniával, mésszel stb. elláttak, akkor a válasz kb. így hangzott volna: "Barátom, ha ismernéd szükségleteimet akkor tudnád, hogy amit kalászsaid fent igényelnek, nekem alul szükséges. A természet (feltehetően a fajomról való bölcs gondoskodással) arra szorított rá, hogy tápanyagaimat a mélyben keressem és ezért más gyökérréteggel látott el. Amikor egészen fiatal voltam megháláltam gondoskodásod. Most azonban gyökereim a vékony talajrétegen áthatoltak (amelyet te az árpa számára olyan gazdagon elláttál tápanyagokkal) és a szegény altalajban sínylődnek. Nem vagyok beteg, a talaj sincs megmérgezve, de számomra nem maradt más hátra, mint éhen halni. A honfitársaid Thompson és Way már felismerték, hogy az adott tápanyagok nem tudnak mélyebbre hatolni, mint ahová az eke juttatta őket. Nézd meg a gyökereimet, vajon elég mélyre jutott-e a tápanyag és hasznomra lehetett-e? Gyakorlati szakemberként nem egy dolgot a javadra kell írni, de a természetemet nem ismered. Alacsonyrendű gombává degradálni, amely összetettebb tápanyagokból él, mintegy húsevőnek tekinteni a növények között, alig megbocsátható. Tulajdonképpen trágyaelő-állítónak tartasz. De ha istállótrágyát (komplex vegyületeket) kell elfogyasz-tanom, hogy istállótrágyát tudjak előállítani, milyen előnyöd származhat ebből?"

Az 1855. évben megjelent "Az agrokémia alapjai" c. művem segítségével kívántam tanaim jobb megértését elérni. Kifejtettem, hogy elméletem a tapasztalatból származik, nem a spekuláció eredménye. Minden Lawes által végzett kísérlet kivétel nélkül alátámasztja elméletemet, nem pedig cáfolja. Sohasem adtam arra receptet hogyan kell Rothamstedben gabonát vagy répát termelni. Lehetetlen dolog azt állítani, hogy tévedésben vagyok, hiszen Lawes úr nem az elveimmel törődött, hanem a saját útján haladt. Én azt tanítottam, hogy az istállótrágya N-tartalmú szerves alkotórészeit ammóniával vagy ammónium-sókkal helyettesíteni lehet. A szerző valamennyi eredménye (amire olyan büszke) azon alapszik, hogy azt tette amit tanácsoltam. Nem az ammónia ellenzője vagyok (aki annak hatását tagadja), hanem Lawes úr véleményének ellenzője, aki ennek a tápanyagnak olyan

rangot és jelentőséget tulajdonít, amilyenvel az a gyakorlati mezőgazdaságban semmikor nem rendelkezett. Nem tényeinek helyességében kételkedem, hanem következtetéseinek igazságában. Ezek a következtetések kárt fognak okozni a gazdáknak. Európában a gazdák sehol sem alkalmazzák az ammóniumsókat műtrágyaként. Pedig tudniuk kellene, hogy mi hoz hasznot vagy mi okoz kárt!

Lawes mezőgazdálkodásról vallott felfogása azt bizonyítja, hogy a nagy termések elérésének előfeltételeiről, a talaj termékenységének okáról, valamint a trágyák hatásáról nincs helyes elképzelése. A szén-sav, víz, ammónia, foszforsav, K, Ca, Mg stb. a növény tápanyagai, melyek minden talajban rendelkeznek azzal a képességgel, hogy a növényeket táplálni tudják. A trágyaszer a növények növekedését egyszer fokozza, máskor nem. A hatékonyság az adott talaj bizonyos tulajdonságaitól ill. tápanyagállapotától függ. Ha pl. az ammónia a termést növeli, akkor más tápelemek is megfelelő mennyiségben és arányban vannak jelen és hasznosulhatnak az ammóniumsók pótlásával. Ha a kálium vagy a szuperfoszfát nem növeli a termést, akkor más tápanyagok hiányoznak a talajból, tehát egyéb tényezők limitálják a termést.

A termés két tápanyagtényezőtől függ, melyek közül a talaj a főtenyező. A trágya csak kiegészítő. A trágyával csak azt lehet elérni, hogy a következő terméshozam ugyanolyan nagy legyen, mint a megelőző volt. Mivel a talajok a világ különböző tájain ill. országaiban eltérő tulajdonságúak, azaz a növényi tápanyagokat eltérő arányban és mennyiségben tartalmazzák, ugyanaz a trágya minden talajon más termést eredményez. A földek minősége mindenütt ismert és azokban az országokban, ahol az állam a föld után adót vet ki, a talaj bonitálása alapján ez határozza meg az adó nagyságát. Van olyan ország, ahol 16 csoportba rangsorolták a talajokat.

A tapasztalatok valóban minden országban azt mutatják, hogy az univerzális trágyával (az istállótrágyával) kapott termésthöbbletek mindenütt eltérnek. Hasonlóképpen a csontliszt, guanó, repcefogácsaliszt vagy ammóniumsó minden talajon más termést eredményez. Sem a tudomány, sem a gyakorlat mindent átfogó tapasztalatai nem teszik lehetővé, hogy a szuperfoszfát vagy bármely más trágya hatását ismeretlen talajon előre meg lehessen mondani. A talaj trágyázásához ill. termőképességének növeléséhez semmiféle általános érvényű előírás nem létezik. Senki nincs feljogosítva arra, hogy a saját szántóföldjén elért trágyahatásból következtetést vonjon le más talajokra.

A Lawes-féle trágyázási kísérletek célja eredendően nem a mezőgazdaság alaptörvényeinek feltárása, hanem olyan trágyaszer keresése, mely Rothamsted néhány tábláján a gabona- és répatermést fokozza. A megfigyelések ezekre a táblákra vonatkoznak, nem pedig másokra. Kísérletei bármily számosak is, a mezőgazdaság egésze szempontjából általánosítható értéket nem képviselnek. A N műtrágya és a foszfátok előnyös hatása a tápanyagokban kimerült angol talajokon már jóval öelötte ismert, számtalan ténnyel alátámasztott és a tudomány által előrelátott volt. Fáradozásai és kísérletei a gyakorlat számára semmiféle előnyt

nem hoztak. Jóval előtte tudták már, hogy pl. a N-dús trágyák hasznosak a kalászosokra és a szuperfoszfát a répatermelésre. Egészében véve tehát a régóta ismert tények nagy halmazát szaporította.

Tényekben nincs hiány, de a tények megértése hiányos. Hogyan lehet a K-sóval végzett trágyázástól jelentős hatást várni olyan táblán, amely rendkívül gazdag K-ban? Hiszen nyolc éven keresztül megszakítás nélkül szuperfoszfát trágyázással termeltek répát, mégpedig átlagosan 164 centnert acre-ként. A szuperfoszfát bizonyítottan hatékony tápanyagforrás, de Lawes úr a nyolc egymás utáni nagy répatermésével nem a szuperfoszfát csodálatos hasznosságára irányította a figyelmet (mint ahogy azt az együgyű gazdák talán gondolnák), hanem ezzel a szántóföld rendkívül gazdag K-tartalmát bizonyította. A szuperfoszfát hatástalan lett volna, ha a talaj a répa fejlődéséhez nélkülözhetetlen K-ot és a többi elemet nem szolgáltatja. Ez nyilvánvaló. És az is, hogy a tapasztaltak csak az adott talajon igazak. Milyen haszna lehet akkor egy ilyen kísérletnek a gyakorlati gazdálkodás számára?

Nyolc répatermés (gyökér + levél) annyi K-ot vonunk ki a talajból, mint 40 búzatermés. Logikus, hogy ezen a talajon a K nem hatott a répa utáni búza termésére. Megengedhetetlen azonban azt állítani, hogy Angliában valamennyi szántón termesztendő a búza és a répa kálisók nélkül. Mennyire más eredményeket kapott volna Lawes úr, ha tanításom igazi értelmét helyesen fogja fel és azt tisztességesen felülvizsgálja. Az "Adresse" c. munkámban a trágya mennyiségét a megelőző terméssel elvitt tápanyagok alapján becsültem. Ha az előző termés burgonya vagy búza volt, akkor burgonya- vagy búzatrágyát kell adni. Egy burgonya-búza-here-búzából álló négyéves rotáció után, az új növény vetése előtt pótolni kell azt, amit ezzel a négy terméssel elveszített. Ha ismét búzával akarjuk kezdeni a forgót, akkor burgonya, here és dupla mennyiségű búzatrágyával kell megtrágyázni. Éppenúgy, ahogyan általában el is járnak, amikor az istállótrágyát a rotáció egészére számítva adják.

És hogyan járt el Lawes úr a trágyák összehasonlító vizsgálatánál? Sok egymás utáni termés betakarításával a kísérletre kiszemelt szántóföldet a legnagyobb mértékben kimerítette (the field selected for the purpose had been reduced to the lowest state of fertility, VIII. köt. 7. old.). Miután ez megtörtént, az én ún. búzatrágyámból 4 q-t adott. Ennek kiszámítása úgy történt, hogy egyetlen búzatermés által elvitt tápanyag pótlására legyen elegendő. Egy másik táblának 2 q csontlisztet adott, amit 2 q kénsavval tárt fel. A különböző kezelésekből kapott terméseket hasonlította össze egymással, ami a "búzatrágyára" nézve csak előnytelenül végződhetett. Ugyanis a második és harmadik táblán kb. négyszer annyi foszforsavat és hússzor annyi ammóniumsót adott, mint amit a "búzatrágya" tartalmazott. Ezért nem volt csodálatos, hogy az én trágyám hatása az övét nem érte el.

Ilyen eljárásra kétféle magyarázatot találhatunk. Vagy nem értette Lawes úr az utasításaimat, vagy pedig már kezdettől fogva elhatározta, hogy az én

trágyaszereimet olyan rosszaknak fogja találni, amennyire ez csak lehetséges. Mindkét feltételezés megalapozza azt az állítást, hogy pontatlanul és lelkiismeretlenül járt el. Ha pedig egy ember egy másik ember nézeteinek megcáfolása céljából pontatlan és lelkiismeretlen kísérleteket végez, akkor a saját igazságának bizonyításában is hasonlóan jár majd el, a saját kísérleteit is pontatlanul és lelkiismeretlenül fogja interpretálni. És ez valóban vörös fonalként húzódik valamennyi kísérletén keresztül.

1843-ban az egyik parcellát 2.5 ctnr (Centner = 50 kg) szuperfoszfáttal és 2 ctnr repceliszttel trágyázta, míg egy másikat 15 bushel agyaggal és gyomnövény hamuval. Az első tábláról 11 tonna 7 ctnr 3 font, a másodikról 11 tonna 1 ctnr 3 font répát kapott. Tehát a szuperfoszfáttal trágyázottról alig takarított be több termést, mint a másíkról, mely csak agyagot és növényi hamut kapott. 1844-ben egy táblát 400 font csontliszttel, 258 font kénsavval és 134 font konyhasóval kezelt, míg a másik parcellát ugyanannyi csontliszttel, de a csontliszt szuperfoszfáttá alakításához kénsav helyett sósavat adott. Az első tábláról 14.1 tonna répagyökeret és 6.1 tonna levelet takarított be, míg a másíkról 9 tonna gyökeret és 4,6 tonna levelet, tehát 5 tonnával kevesebb répát és 2.5 tonnával kevesebb levelet.

Mi az oka az előző esetben tapasztalt közel azonos és az utóbbi esetben kapott igen eltérő terméseknek? Az egyik kísérletben a műtrágya mennyisége eltérő, de a termés azonos volt, míg a másikban a foszforsav mennyisége volt azonos, de a termés annyira eltért, amennyire ez csak lehetséges. Ez a kérdés nem foglalkoztatta Lawes urat. Bárhogyan is keverte a kártyákat, ezek kiterítéskor általában a búzánál mindig az ammónia, a répánál mindig a szuperfoszfát került előtérbe. Egyéb hatásokat nem lehetett kimutatni.

Nem lehetetlen, hogy Angliában létezik még egy olyan tábla, mint az a rothamstedi, ahol Lawes úr minden trágyázás nélkül és 12 éven keresztül átlagosan 2856 font búzaszemet + szalmát takarított be évente. Ahol a termés a 12. évben még 400 fonttal több is volt, mint az elsőben. És azt sem akarom kétségbe vonni, hogy van még egy másik olyan tábla, ahol kizárólag szuperfoszfát trágyázással 8 egymás utáni évben átlagosan 168 ctnr répatermést lehetett elérni. Mióta azonban Lawes úrnak a here növekedéséről írt értekezéséből (XXI. köt. P., 192. old.) megtudtam, hogy vetéskor elcserélték a felhasználandó vetőmagot, vala-mint a trágyázás, aratás és a termés lemérése nyilvánvalóan szigorú és lelkiismeretes ellenőrzés nélkül történt, jogosnak fogják ítélni, ha én az általa általános-ságban megadott tényeket kétségbe vonom. Ezzel nem azt akarom mondani, hogy szándékosan nem az igazat közölte volna.

Az "Agrokémia alapjai" c. munkám a következő szavakkal fejeződik be. Lawes úr kísérleteivel:

1. Bizonyította, hogy talajai azon tápelemekben gazdagok, amelyekre a sokévi búzatermés (szem + szalma) létrejöttéhez szükség volt.

2. Bizonyította - ahogy azt az elmélet és a józan ész is feltételezi - hogy az ilyen tábla hozamát trágyázással nem lehet jelentősen növelni.
3. Bizonyította azt, amit az elmélet tanít, hogy ti. az ammóniumsók hatékony trágyaszerek.
4. Megcáfolta azt, amit bizonyítani akart. A terméstöbblet nem áll arányban a talajban található ammóniával. Tehát az egyszeres, kétszeres, többszörös ammónia mennyisége nem eredményezett egyszer, kétszer, többször akkora terméstöbbletet, mert az konstans nagyságú volt.
5. Bizonyította azt, amit meg akart cáfolni. A termés a felvehetővé vált ásványi tápanyagok összes mennyiségével arányos. Azt bizonyította be, amit az elmélet tanít: az ammónia a talaj alkotóelemeinek hatását idővel fokozza, felvehetőségüket növeli.

Kísérletei azt is bizonyították, hogy a szerves vagy istállótrágyát teljes egészében helyettesíteni lehet ásványi anyagokkal, mivel az ammónium-szulfát és az ammónium-hidroxid (szalmiák) ásványi anyagok. A "Chemische Briefe"-ben megjelent újabb értekezésem Lawes úr rendkívüli haragját váltotta ki. Művészi ügyességgel összeállított ellenvetését itt nem közlöm, mivel ennek lényegét néhány szóban meg lehet adni. Ugyanis azt bizonygatja hogy én, aki 30 éven át előadásaimban az ammóniát mindig szervesen ill. ásványi anyagként tárgyaltam, az ő téves nézetét osztom és az ammóniát szerves anyagként kezelem.

"Így tehát az ammóniumsókat, az ammónium-szulfátot és a szalmiákat az ásványi trágyákhoz számítják! (Journ. XVI. köt. 447.old.) Ez azt jelenti, hogy az egész probléma alól kihúzzák a talajt! De egy ilyen átlátszó mesterfogás említésre sem lenne érdemes, ha a szakismerettel rendelkező olvasónak szólna!" És később (a 448. oldalon) azt mondja: "Ez a csel nem volt eredmény nélkül!" Én viszont ezzel elérkeztem a vita fordulópontjához és nem kívánok ehhez a továbbiakban egyetlen szót sem hozzáfűzni. Az ammónia éppúgy, mint a szénsav és a víz, szervesen vegyület és a sóival együtt a szervesen - ásványi - trágyákhoz tartozik. Egyedül a kémia határozza meg, hogy egy adott kémiai vegyületet hová kell besorolni; más definíció, mint amit a tudomány megad, nem létezik.

Ha a gazdák elég értelmesek ahhoz, hogy ebből a vitából levonják a helyes következtetést, akkor ez a vita a mezőgazdaság hasznát szolgálta. Az egész vita furcsa fénybe kerül, ha figyelembe vesszük: olyan ember vitatkozott velem, aki soha életében nem vett kémiai tankönyvet a kezébe, és aki számára a praktikus mezőgazdaság teljesen ismeretlen terület volt. Lawes úrnak, a műtrágyagyárosnak jogában állt éppúgy, mint bárki másnak a műtrágyáim hatékonyságát földjein kipróbálni. Ez számára vagy mások számára hasznos lehetett. Nyíltan és őszintén beismertem azt is, hogy a trágyáim a gyakorlati mezőgazdaságban nem alkalmazhatók. A vita tárgya ezzel megszűnt létezni. Amit el akart érni, azt elérte, ezzel meg kellett volna elégednie.

De ő jóval tovább ment, mint amire fel volt jogosítva. Laikusként, a kémia és a mezőgazdaság területén minden tapasztalatot nélkülözve azt hitte, hogy azokkal a tényekkel, melyek trágyáim alkalmazhatósága ellen szóltak, megcáfolta a földművelés alaptételeinek helyességét. Azon alaptételekét, melyeket a kétségbevonhatatlan tapasztalatok és tények igazoltak. Ezek után a dolgok természetes folyásából adódóan mintegy a "gyökerénél lefűrészelte" az egyik alaptételt a másik után, és helyükre saját tételeit rakta, melyeket gyakorlati tapasztalatként tüntetett fel. A baj csak az volt, hogy nem tudta, mi tekinthető tapasztalatnak. Ahogy a helyes irányelvek a gazdálkodás előrehaladásához és javításához járulnak hozzá, a hamis és téves elképzelések tévedést és abszurditást eredményezhetnek. Milyen következtetésekhez vezettek Lawes úr elgondolásai és megfelelő irányelvek nélkül beállított kísérletei?

Az első tétele szerint a földművelés területén tudományos alapelveket nem lehet alkalmazni. A mezőgazdaság boldogulása tehát a műtrágyagyárosok véletlen ötleteitől, a gazda haszna a gyárosok trágyareceptjeitől függ. A másik tétele szerint a búzatermés csak N-nel növelhető. A N-trágyák azonban elérhetetlenek a gazda számára. A harmadik következtetése szerint egy font N búzává és hússá alakításához öt font nitrogént kell a talajba juttatni. A N-fölösleg nem a talajt, hanem a levegőt gazdagítja, mert a kultúrnövények számára elvész, bár a vadon növő növények hasznosíthatják.

Ha a gazda nem látja be, hogy ez a tanítás a józan emberi észnek és saját tapasztalatainak ellentmond, úgy természetesen nem lehet rajta segíteni. Tapasztalati úton, egymással összefüggésben nem álló és nem általánosítható jelenségek megfigyelésével olyan abszolút igazságokhoz nem lehet eljutni, melyek minden talajra és minden üzemre érvényesek. A guanó a nitrogénben és ammóniában leggazdagabb trágyaszerek közé tartozik. Húsz év óta sok ezer szántóföldön alkalmazzák. Kezdetben ezt a trágyát a búzára igen előnyösnek tartották a gazdák. Most épp annyira igaztalanul, ugyanolyan mértékben lebecsülik, mint amennyire felértékelték annak előtte. Minden egyoldalú trágya kimeríti a talajt és tápelemhiányokat idéz elő. Ennek okát nem képesek felfogni.

A szuperfoszfát sok esetben szükséges a répának. Hatását a német és francia cukorrépa üzemek ismerik igazán, melyek jóval több és gondosabban összegyűjtött tapasztalattal rendelkeznek a répatermesztést illetően, mint az összes tarlórépát termelő gazda Angliában együttesen. Olyan tapasztalatokkal, melyek megbízhatóbbak, mert évenként végzett elemzéseken alapulnak. Minden gyárban százezer mázsányi nyersanyagot ellenőriznek. Ugyanis a cukor előállítása a répa alkotórészeinek szétválasztásán alapszik, mely alkotórészek közül az egyiket, mármint a cukrot, minden egyes alkalommal lemérik.

A cukorrépagyárosok viszonylag takarékosan bánnak a szuperfoszfáttal, mert a túltrágyázás nagy károkat okozhat. A nagy termés látszólagos. A hatalmas méretű répákban gyakran csak vizet, sejt- és faanyagot takarít be a gazda kevés cukorral. A répában található vér- és húsképző anyagok viszont a cukorral állnak

arányban, azaz a cukor mennyiségével együtt nőnek, amint ezt a lé tisztításakor igen határozottan észlelni lehet. Ebben a vonatkozásban a takarmányrépa sem viselkedik másként. Azzal a különbséggel, hogy benne cukor helyett más szénhidrátok találhatók, és tápanyagtartalmát nehezebb megítélni. A cukor mennyisége ugyanis sokkal megbízhatóbban és könnyebben határozható meg, mint az íztelen szénhidrátoké.

A legfeltűnőbb ebben a szembenállásban (amit nem én, hanem Lawes úr kezdett) kétségtelenül az, hogy az angol mezőgazdaság legbefolyásosabb szerve Lawes úr nézeteit és állításait magáévá tette. Ez példa nélkül áll az Angol Királyi Mezőgazdasági Társaság folyóirata esetében, minden alap és cél nélkül döntőbíróként lépett fel. Eldöntötte, hogy kinek van és kinek nincs igaza. Engem viszont megfosztott attól, hogy nézeteimet kifejthessem és ezzel a vitás kérdéseket hasznosabb irányba tereljem. Ez nemcsak kéretlen beavatkozás volt, hanem egyenesen bűn egy jó ügygel szemben. Ha nem lebegtek volna nagyobb célok a szemem előtt, akkor alapjában véve miért törődtem volna azzal, hogy az angol gazdák hogyan művelik meg földjeiket és mit gondolnak az én nézeteimről! Állásomnál és hivatásomnál fogva semmi sem lehetett közömbösebb számomra. Hiszen ha a gazdák az én tanításomat igaznak tartják, ez nekem személy szerint semmi hasznot nem hoz, és az ellenkező esetben semmit sem veszítek.

Az a stílus és az a hangnem, amit Lawes úr velem szemben megengedett magának, valamint az az álláspont, amit a legutóbbi értekezésében velem szemben elfoglalt, annyira nem illő és nem tisztességes, hogy a folyóirat jelenlegi szerkesztőjének, Thompson úrnak is valamivel igazolnia kellett az ilyen hangnem használatát. És melyek igazolásának az alapjai? Alapelveimben azt mondtam, hogy igen nagy bátorságra van szükség (mely bátorságot a vizsgálandó probléma pontos ismeretének hiánya adja) ahhoz, hogy valaki kijelentse: az ammónia különösképpen alkalmas a búza, a foszfor pedig a répa trágyázására. Továbbá, hogy "Lawes úr annak a szöges ellentétét bizonyította be, amit be akart bizonyítani." Valamint Lawes kísérleteivel kapcsolatban kijelentettem, hogy "a legkétségtelenebb bizonyítékát nyújtják annak az elméletnek, melyet hivatva lettek volna megcáfolni."

Az említett állításaimmal nem támadtam Lawes urat, hanem inkább megvédtem. Azonban a Társaság parancsolólag felszólította Őt, hogy: "nézeteit ebben a folyóiratban védje meg." Így mentegetődzik Thompson úr (T.XVI.köt. II. rész 501. old.). Fentebb pedig ezt mondja: "Tény, hogy korunk angol gazdálkodójának hitvallása ezzel a két axiómával kezdődik és végződik: a búza számára a trágya fő hatóanyaga a nitrogén, a tarlórépa számára pedig a foszfor."

Micsoda gyermekes hitvallás az, mely népek jólétét érintő két fontos kérdés lényegét kétsoros receptben foglalja össze? Vajon mit ért Thompson úr axióma alatt? Azt hiszi, hogy néhány önmagában értéktelen tény, amit egy kis földdarabon megfigyeltek Rothamstedben, axióma? A szomorú, hogy ezt nem egy tudatlan gazda jelenti ki, aki sem írni sem olvasni nem tud, hanem Nagy-Britannia egyik

legintelligensebb embere. Akinek még az is az érdeme, hogy másoktól függetlenül megfigyelte a szántóföld ammóniát abszorbeáló képességét.

A természettudósok kémiai szekciójának egyik ülésén Glasgowban a következő meglepetés ért. Dr. Gilbert, Lawes úr kémiai támasza egy értekezést adott elő, melyben sok számadat segítségével (melyek értékét vagy helyességét nyilvánvalóan egy előadás keretében megítélni nem lehet) azt bizonyította, hogy "az én tanításom a gazdálkodás alapjairól helytelen, ezt az ő és Lawes úr kísérletei cáfolják meg." Továbbá, hogy én az ammóniát valamint annak hatását a szántóföldön egyáltalán nem ismertem fel, amint ez egyértelműen kiderült a könyvem ugarról szóló fejezetéből. Ahol egy szó sem áll az ammóniáról és ahol nekem erről beszélnem kellett volna, ha tudtam volna, hogy az ugaron lévő föld mit vesz fel az atmoszférából és az esőből.

Dr. Gilbert úr ezen támadását Lawes úr az Angol Mezőgazdasági Társaság folyóiratában (XVI. köt. 477. old.) a következőképpen említi meg: "A természettudósok legutóbbi összegyűjtésén Glasgowban Liebig ezt a kérdést meg akarta tárgyalni." A 488. oldalon pedig hozzáfűzi: "Könyvének azon fejezetében, mely teljes egészében az ugar és a mechanikai műveletek hasznos hatásának van szentelve, egyetlen szót sem szól (not a single word) az atmoszférából származó tápanyag (N) felhalmozódásáról a talajban."

Könyvem egy egész fejezetében foglalkoztam az ammóniával. Abban a fejezetben, melyben ugarról volt szó, az ammóniáról valóban nem beszéltem. Azt a sajátos nézetet képviselem ugyanis, hogy egy ugaron hagyott föld éppen olyan, mint minden más szántóföld. Minden földdarab az atmoszférikus hatásokkal és az esővel szemben úgy viselkedik, mint az ugar és az ugar viszont éppúgy, mint az olyan földek, melyeken répa, búza vagy burgonya terem. Kifejtettem, hogy a levegőből minden földdarab ugyanúgy veszi fel a szénsavat és a nitrogént, akár nőnek rajta növények, akár nem. Távolról sem jutott eszembe, hogy egy értelmes ember azt hiheti, hogy az ugar többet vesz fel ezekből az anyagokból csak azért, mert ugar.

Sőt, mint már korábban említettem, 14 évvel ezelőtt Giessenben a laboratóriumomban dr. Krokerrel meghatároztam 22 különböző talajféleség N-tartalmát. Az analízisek alapján, melyek különben Lawes úr előtt ismeretlenek voltak, bár könyvem 1846. évi kiadásának függelékében (a német kiadás 368., az angol kiadás 275. oldalán) megjelentek tudtam, hogy termékeny szántóföldek felső 10 colnyi talajában 500-1000-szer több N található, mint amennyire egy teljes búzatermésnek szüksége van és mint amennyi a legkiadósabb trágyázással a talajba juttatható. Ismert, hogy az ugarolás alatt keletkező salétromsavas sók kimosódása miatt a talaj N tartalma inkább csökken, mint nő.

Az igazsággal szembeni ellenvetés, bármily heves legyen is, olyan nyíl, melynek nincs hegye. Ha az ember nem biztos a dolgában érzi, hogy az ellenvetés húsba vágó mert igaz. Ha tévedésben van, akkor az ellenvélemény a legenyhébb

formájában is érzékeny sebet üthet, mivel szükségszerűen "vedlésre" kényszerül. És ha a régi tollak túl mélyen ülnek a bőrben, akkor ezek kitépése fájdalmas. Néha már nem nőnek új tollaink és inkább megtartjuk a régieket, melyek aztán úgy viselkednek, mint a beteg fog. A legkisebb ingerre újra a régi fájdalom jelentkezik.

Nem csillapuló bánatot okozott számomra az a körülmény, hogy nem találtam trágyáim hatástalanságának okát. Mindenütt, az esetek ezreiben láttam, hogy alkotórészeik külön, egyenként mindig hatottak. Ha valamennyi alkotórész együtt volt, mint a trágyáimban, akkor ez a hatás elmaradt. Miután lépésről lépésre újból figyelmesen mindent átvizsgáltam, akkor fedeztem fel az 50-es évek végén ennek okát! A Teremtő bölcsessége ellen vétettem és ezért megkaptam igazságos büntetésemet. Az ő művét akartam megjavítani. Vakságomban azt hittem, hogy a törvények csodálatos láncolatából (mely lehetővé teszi a földi életet) egy tag kimaradt és nekem, a gyenge, elkábult féregnek kötelességem pótolni. Az alkálisókat oldhatatlanná kell tenni, mert különben az esővel kilúgzódnak. Akkoriban még nem tudtam, hogy megkötődnek abban a pillanatban, amikor az oldatuk a talajjal érintkezésbe kerül.

Ez a nem hiányzó törvényszerűség így hangzik: "A Föld legkülső kérgében a Nap hatására fejlődik ki a szerves élet. A nagy "Építőmester" e kéreg töredékeit azzal a képességgel ruházta fel, hogy a növények és ezen keresztül az állatok táplálására szolgáló elemeket magához tudja vonzani és megkötve tudja tartani. Ahogy a mágnes a vasreszeléket magához vonzza és megtartja úgy, hogy egyetlen részecske se vesszen el belőle. Ebbe a törvénybe a Teremtő még egy másikat is belerejtett: a növényeket hordozó talaj a víz számára óriási méretű tisztítóberendezéssé válik. A talaj a vízből el tudja távolítani az emberek és állatok egészségére káros anyagokat, a talajba került növények és eltemetett állatok elbomlása közben keletkező vegyületeket."

Műtrágyáimban az alkálisókat oldhatóságuktól megfosztottam, mert ömlesztési eljárással az oldható foszfátokat is hozzáadtam. Ezzel eloszlásukat a talajban meggátoltam és mindent megtettem, hogy a talajra gyakorolható hatásukat lecsökkentsem. Így most ennyi év után beláttam, hogy miért volt Lawes és mások kísérleteiben trágyáim minden egyes elemének külön-külön hatása, ill. "művészetem" miképpen hatástalanította az összetevőket. (Lásd: "Vizsgálataim a szántott réteg néhány tulajdonságával kapcsolatban." Annal. d. Chemie u. Pharmacie. 105. köt. 109. old.) Ami mentheti tettemet az a körülmény, hogy az ember mindig korának gyermeke és csak akkor tudja kivonni magát az általában igaznak elismert nézetek alól, ha hatalmas nyomás hatására kénytelen összes erejét összeszedni és a tévedés kötelékeiből kitörve függetlenné válni. Az a nézet, hogy a növények tápanyagaikat az esővíz segítségével képződött talajoldatból veszik fel, általánosan elismert volt. A húsemba és vérembe evődött helytelen szemlélet balga eljárásom forrását képezte.

Feltárva műtrágyáim hatástalanságának okait úgy éreztem magam, mint aki új életet kapott, mert ezzel a gazdálkodás folyamatai is magyarázatot nyertek.

Most, miután a törvényszerűség mindenki előtt nyilvánvaló, elcsodálkoz-hatunk: miért nem ismertük már rég fel? Az emberi szellem azonban furcsa dolog. Ami a gondolatok körébe nem illik bele, számára nem is létezik. A Bronner, Huxtable, Thompson és Way által megfigyelt tények már évtizedek óta hontalanul "úsztak" a tudomány tengerében, mindenki tudta, hogy léteznek. Ahogy az ember tudja, hogy a levegőben porszemek vannak, melyek csak akkor válnak láthatóvá, ha a Nap fénye megvilágítja őket. Éppen így a tudományos tények is csak akkor válnak igazán létezővé, ha már a szellem fényétől megvilágítva a szellem sajátjai lettek. E könyv olvasói közül sokan bírálatomat túlzott-nak minősíthetik, azonban Lawes úr következtetései a hétköznapi tapasztalatok-nak és az emberi észnek ellentmondanak. Nem feltételezhető ugyanakkor, hogy ezeknek a kísérleteknek és végkövetkeztetéseknek ne lenne semmi alapja. Európa egyik vezető mezőgazdasági folyóiratában jelentek meg és Anglia legismertebb mezőgazdasági szaktekintélyei írták. Mindez a szemrehányást még fokozza.

Részt vettem a természettudósok gyűlésén Yorkban és jelen voltam az egyik ülésen, ahol a híres Sir Roderick Murchison a koppenhágai Forchhammer értekezését olvasta fel. A tanulmány a kén-tartalmú kavics képződését tárgyalta a tengerfenéken és benne többek között néhány tengeri növény hamujának összetétele is szerepelt. Amikor Sir Roderick a szövegben a klór és jód alkotó-elemekhez ért, melyek a kéziratban német helyesírással voltak írva, nem tudta hogyan ejtse ki ezeket a szavakat. Mivel "Chlor"-t és "Jod"-ot olvasott "Chlorine" és "Jodine" helyett, néhány angol vegyész arcán gúnyos mosolyt látott. Ekkor a rá jellemző kedélyességgel azt mondta: "Uraim, ne csodálkoz-zanak a hibákon, melyeket talán elkövettem, mert az igazat megvallva, semmit sem értek a kémiához." Én is észrevettem, hogy az előadott tárgyhoz nem értett, de mégis csodálkoztam naiv beismerésén. Ha Németországban vagy Franciaországban a geológiából vizsgázó diák bevallaná, hogy kémiából nem tud semmit, megbukna. Angliában régebben egy gentleman mindig bevallhatta, anélkül hogy csorba esett volna társadalmi állásán, hogy számára a kémia egészen idegen dolog. Az angol lélekben a "Chymist", a vegyész fogalma hosszú időn keresztül elválaszthatatlan volt a piszkos kezű, kötényt viselő, kócos hajú fickótól, akinek rühkenőcs, csukamájolaj és féreghajtó szaga van.

A kémiai ipar fellendülését Anglia mindössze tucatnyi kiváló férfiúnak köszönheti, akiknek érdemeit az egész világon elismerik. A klórmész előállítását Charles Tennant nevével elválaszthatatlan. A szódagyártásnak alig volt jelentősége Angliában James Muspratt liverpooli gyárának felállítása előtt. (But in 1823 May be dated the commencement of the Soda-Asch manufacture in this country when Mr. James Muspratt erected his works at Liverpool. See Report of the british association for the advancement of Science for 1861, page 114.)

1817 előtt, amikor dr. Thomas Thompsont meghívták a glasgowi egyetemre a kémia professzorának, nem volt Angliában olyan laboratórium, amelyben egy fiatal ember gyakorlatban is képezhette magát kémiából. Nem kétséges, hogy ez a kiváló férfiú jelentős szerepet játszott a kémiai ipar Skóciában történő megalá-

pításában. Thompson tanítványainak száma azonban igen korlátozott volt. Angliában tett utazásaim során gyakran léptem érintkezésbe kémiai termékek előállítóival és tapasztalhattam, hogy milyen csekély a kémiai ismeretek elterjedtsége a gyártók körében.

A berendezésekre és a munkáslétszámmal való takarékosagra vonatkozóan a gyárak belső állapotát mindig csodálatosnak találtam. Azonban az üzemmenet tudományos alapjai általában alig hihető tudatlanságot árultak el. Így többek között Macintosh úr (aki a vízhatlan ruházat bevezetéséről ismert) megmutatta nekem vérlúgsó és berlini kék gyárát Glasgowban. Belépéskor meglepődtem és megsüketültem attól a borzalmas zajtól, melyet az okozott, hogy vas edényekben állati maradványokat és kálilúgot kevertek vas keverékkel. Amikor eljárásáról érdeklődtem, Macintosh úr azt mondta nekem ravasz tekintettel: "Na, itt van valami, professzor, amit semmiféle elmélettel nem lehet megmagyarázni. Ha a vas edényeim nagyon "kiabálnak", akkor a legjobb a vérlúgsó kitermelés!" Néhány lőerő felhasználásával, a só képződéséhez szükséges vasat az edényeiről dörzsölte le! Egy marék vasreszelékkel sokkal egyszerűbben érte volna el ugyanezt a célt.

A berlini kék előállításához pl. egy lépcsőt készítettett, melyre a világoskék vasszulfát (vas-vitriol) csapadékot és a vérlúgsót felszivattyúzták. Miközben ez a csapadék a lépcsőn lefolyt, a levegővel érintkezett és átalakult sötétkék berlini kékké. A legnagyobb csodálkozását váltottam ki, amikor azt mondtam és meg is mutattam neki, hogy néhány font fehérítő porral (bleaching powder) pillanatokon belül sokkal tovább jutna. Walter Crum, aki több komoly tudományos munkával (csak az általa felfedezett vízben oldódó aluminiumsóra akarok emlékeztetni) igen kiváló helyet szerzett a vegyészek között, dicséretes kivételt képez.

Ez az állapot az utóbbi 30 évben előnyösen megváltozott, minden bizonnyal a "német iskola" elterjedésének következtében. Részben azért, hogy angol vegyészeket Németországban képeztek ki, részben pedig német mintára működő szakiskola alapításával, melyben barátom Sir James Clark nagy szerepet játszott. Ebben az iskolában A.W. Hoffmann professzor mindaddig igen sikeresen tanított, amíg el nem hívták Bonnba és Berlinbe. A College of Chemistry felállítására őta Londonban, Manchesterben, Oxfordban, Edinburghban és Nagy-Britannia sok más városában remek gyakorlati oktatással foglalkozó intézményeket szerveztek. A tudományos és az alkalmazott ipari kémia területén Anglia most már egyik ország mögött sem marad el.

A mezőgazdaságra azonban mindez kevés hatással volt. Legutóbbi angliai utazásom alkalmával meglehetősen általános volt az a nézet, hogy a gyakorlati mezőgazdaság a tudománytól nem várhat semmi segítséget. Barátomat, dr. Daubenyt kivéve a legtöbb tudományos ember, így pl. Playfair, Way és mások a mezőgazdaság területéről kivonultak, a mezőgazdaság ismét a tapasztalatokra támaszkodott. A műtrágyák alkalmazása fokozódott ugyan, azonban a tudományra nem tartottak igényt. Így a további előrehaladás alapját elvesztették. Éveknek

kell majd eltelni, míg ezt a furcsa előítéletet ki lehet irtani, és a fejlődéshez szükséges megértés kialakulhat.

A vita, amit Angliában a tudatlan gyakorlat folytatott a tudománnyal, nyereséget jelentett a német gazdák számára és ezáltal gondolkodásuk megélénkült. Megtanulták a tudomány tanait helyesen értelmezni és alaposabb vizsgálatnak alávetni. Ennek az lett a következménye, hogy a német mezőgazdák az angol mezőgazdaság vak csodálatával és utánzásával felhagytak. Arra a meggyőződésre jutottak, hogy a "fél tudás" ártalmas. Ezzel Németországban a fejlődés minden időkre biztosítva van.

Mezőgazdálkodás és történelem

A természettudományos kutatás módszerei és céljai napjainkban igen különböznek az elmúlt idők módszereitől és céljaitól. A "megfigyelés", "magyarázat" és "ok" modern fogalma Bacon von Verulam évszázadában (1560-1658) (helyesen: 1561-1626. Szerk.) még nem fejlődött ki. A "Silva Silvarum" vagy "Natural history" c. könyvében Bacon, a nagy filozófus a természeti jelenségeket úgy írja le, ahogy azokat hite szerint Isten megteremtette. A mi felfogásunk szerint minden egyes általa adott magyarázat nélkülöz minden alapot, vagy pedig üres kitalálás. A legtöbb dolgot, amit Bacon megmagyarázott, megmagyarázhatatlannak tartjuk, és amit mi "magyarázat"-nak nevezünk, az számára teljesen ismeretlen volt. Hogy a szilárd, megváltoztathatatlan természeti törvényeket nemcsak az égi, hanem a földi természeti jelenségek is irányítják, ezt még akkor nem tudták. Minden egyes jelenséget csak különállóan szemléltek és azt hitték, hogy ezek kapcsolata más jelenségekkel csak a fantázia segítségével hozható létre. A jelenségekhez egy kigondolt okot kapcsoltak hozzá és ennek a "belső ok"-nak a segítségével magyarázták magát a jelenséget és más jelenségekhez való kapcsolatát is. Minden ténynek, sőt a testek minden tulajdonságának megvolt az oka, és ennek segítségével lehetett ezeket magyarázni. A magyarázat persze csak leírása vagy körülírása volt a folyamatnak.

Mai természettudományos kutatásunk azon a meggyőződésen alapszik, hogy nemcsak két vagy három dolog között, hanem az ásvány-, növény- és állatvilág valamennyi jelensége között, melyek a Föld felszínén az életet meghatározzák, törvényekkel leírható összefüggés áll fenn. Egyetlen jelenség sem áll önmagában, hanem mindig egy másik vagy több más jelenséggel kapcsolódik. Végülis minden jelenség minden mással összefügg kezdet és vég nélkül. A jelenségek egymás után következése, keletkezésük és elmúlásuk olyan, mint a hullámmozgás egy körfolyamatban. Mi a természetet egészként szemléljük és valamennyi jelenséget összefüggésében úgy, mint egy háló csomóit. A "megfigyelés"-en azt értjük, hogy az érzékeinkkel megpróbáljuk felfogni, hogy amennyiben a háló egyik csomója mozog vagy változik, akkor a többi csomó közül melyik mozog vagy változik az

előbbivel együtt? Az egyiknek vagy a másiknak együtt kell mozognia vagy változnia az elsővel. Egy jelenséget megvizsgálni annyit jelent mint megkeresni azokat a szálakat, melyekkel a háló egyik csomója két vagy három másik csomóval összeköttetésben áll.

Két olyan jelenségnél, melyek mindig együtt lépnek fel vagy melyek mindig egymást követik, azt a kapcsolatot keressük, mely ezt a két jelenséget egymással összeköti. Mivel minden természeti jelenség összetett vagyis részekből áll, a természettudós első és legfontosabb feladata, hogy ezeket a jelenségeket alkotó részeket megkeresse. Ezek természetét és anyagi megjelenési formáját (azaz a minőségüket) és azt az arányt, melynél együttesen hatnak (azaz a mértéküket és mennyiségüket) megtalálja. A tényeket nem önmagukban magyarázzuk, hanem az egymáshoz való viszonyuk segítségével. Csak azoknak tulajdonítunk meghatározott értéket, melyek összefüggéseit ismerjük. Ezt az összefüggést nevezzük törvénynek. A jelenségeket nem önmagukból kiindulva belülről kifelé magyarázzuk, hanem kintől befelé haladva keressük a körülményeket. És azt, hogy ezek hogyan hatnak egy irányba, mi előzi meg a jelenségeket és mi következik utána, mi jön a következmények után stb.

Régen a természetet egyszerű dolognak tartották. Ez azonban nem áll fenn. A mi számunkra az az egyszerű a természetben, hogy valamennyi célját a legegyszerűbb úton és a legegyszerűbben éri el. Az erre szolgáló eszközök a legtökéletesebb fogaskerék rendszerhez hasonlóan egymásba kapcsolódnak. Az egyszerű törvények kölcsönhatásának eredményeként ismerjük fel az összetettebb, magasabbrendű törvényt. Az okok feltárását lehetetlenné tesszük, ha a törvények hatását előidéző dolgok helyére saját gondolatainkat helyezzük és az összefüggést a saját fantáziánkkal oldjuk meg.

Egy óra ingájának vagy mutatóinak mozgását minden gyerek képes felfogni. Aki az órát figyelmesen és hosszú ideig figyelő látja, hogy az inga és a két mutató mozgása összehangolt. Az inga elmozdulásával együtt mindkét mutató a kör egy adott szakaszát teszi meg, a nagymutató 12-szer hosszabb szakaszt, mint a kismutató. A szemlélő azt is látja, hogy a súly is mozog lefelé, azaz esik, és az inga abbahagyja a lengést, ha a súlyt az esésben vagy a mutatókat a továbbhaladásban valami gátolja. A szemlélő számára tehát tudatossá válik, hogy az órasúly, az inga és a két mutató mozgása között összefüggés vagy kapcsolat áll fenn. A megfigyelés lényege tehát e két jelenség közötti függőségi kapcsolat regisztrálása.

Ha valaki az óra "szekrényét" felnyitja és megkeresi a belső hajtómű és a mutatók, az inga és az órasúly mozgása között fennálló kapcsolatot, akkor az óra működését tökéletesen meg fogja érteni. A természetben előforduló jelenségek megvizsgálása nem ilyen egyszerű. Nem géppel állunk szemben, amit az ember felnyit és belenéz. Az érzékszervi megfigyelés egy ponton megáll. Természettudományos kutatásban a legtöbb vizsgálat nem éri el a folyamat teljes megismerését: milyen is ez a folyamat és megváltozott külső körülmények között milyenné alakul? Ezen a ponton kezdődik a kutató tulajdonképpeni munkája, melyet

"gondolkodás"-nak nevezünk. Az érzékszervi megfigyelés helyére a szellemi (gondolatbeli) megfigyelés lép. Ez utóbbi ugyanazon szabályok szerint működik. Azt az anyagot, amivel a gondolatok dolgoznak, "ismeret"-nek hívják. A természettudományok területén "ismeret" alatt a természeti erők, a hozzájuk tartozó törvényszerűségek és azon számtalan jelenség ismeretét értjük, melyek segítségével a természeti jelenségek érzékeink számára felfoghatók.

A gondolkodás segítségével kísérel meg a természettudományos kutató megfigyeléseit a természeti törvényekkel utólag összefüggésbe hozni. A törvényekről tudja, hogy azok hasonló jelenségeket határoznak meg. A jelenségek belső lefolyásáról gondolatban képet alkot magának (hipotézist készít) és ezután megpróbálja kideríteni, hogy vajon a kigondolt indokok vagy a feltételezett összefüggés valóban létezik-e vagy sem? Majd az a feladata, hogy szándékosan előidézett körülményekkel (azaz kísérletekkel) a folyamatról alkotott elképzeléseit szigorú felülvizsgálatnak vesse alá, másokat és saját magát ezek igaz voltáról meggyőzze. A természettudományos kutató kísérletei először is elgondolásainak rendezett tények segítségével - melyekhez kísérletei által jutott - másoknak tudomására akarja hozni. Éppúgy, mint az az ember, akinek helyes elképzelése van az óra szerkezetéről, annak járását ismeri és képes az órát gyorsabban vagy lassabban járatni, vagy akár leállítani. Éppen így aki a ható tényezők közötti összefüggést ismeri, a jelenség vagy folyamat urává válik.

Aki a törvényeket nem ismeri és a bizonyítási eljárás helyességét megítélni nem tudja, annak számára a bizonyítékok nem is léteznek és a magyarázatot gyakran valami kigondolt dolognak tartja. Ahogyan valóban az is, de megszűnik pusztán elgondolás lenni abban a pillanatban, amikor ez a magyarázat az egymásba kapcsolódó természeti törvények szellemi kifejezésévé válik. A természettudós helyesnek elismert magyarázatát "elmélet"-nek (teóriának) hívjuk. Ez vitathatatlan és megcáfolhatatlan annak a számára, aki érti, és csak a tudatlan érzi magát feljogosítva a mindenkori ellenvetésre. Az, hogy a kísérletek beállítása művészet, amit mint minden más készséget meg kell tanulni, magától értetődik. Mindezt azért mondtam el, hogy meggyőzzem az olvasót mai tudományos módszereink helyességéről, mely már nem a fantázián, hanem céltudatos bizonyítási eljárásokon alapul.

Triviális igazság, hogy ha az ember levegőből és vízből meg tudna élni, akkor nem lenne úr és szolga, uralkodó és nép, barát és ellenség, gyűlölet és szeretet, erény és bűn, igazság és hamisság stb. A társadalmi és a családi életet, az emberek egymás közötti kapcsolatát, a kézműipart, az ipart, a művészetet és a tudományt, egyszóval mindazt, ami az embert emberré teszi az határozza meg, hogy az embernek gyomra van és ezáltal a természeti törvényeknek van alávetve. Utóbbi arra kényszeríti őt, hogy fennmaradása érdekében naponta bizonyos mennyiségű táplálékot elfogyasszon. Ezt szorgalmával és ügyességével kell a földből kitermelnie, mivel a természet nem, ill. nem kielégítő mennyiségben szolgáltatja.

Világos, hogy minden tényező, mely a fenti természeti törvényt akár gátlólag, akár serkentőleg befolyásolja, az ember életkörülményeire is hatást gyakorol. A tényezők közül igen sok már régóta ismert és csak csodálkozni tudunk azon, hogy a legfontosabbat nem veszik figyelembe és nem értékelik. A legtöbb embernek csak halvány elképzelése van a legelemibb életfeltételeket érintő forrásról. A Nap felkel és lenyugszik, a Föld forgásával az évszakok visszatérnek. Sokan úgy vélik, hogy a termések is mindig megismétlődnek. Mivel ez oly sok száz, sőt sok ezer éve megszakítás nélkül így megy, ezért feltehető, hogy a Természet gondoskodik az emberiség fennmaradásáról.

Mindenesetre a jóságos Teremtő bölcsen gondoskodott rólunk. Mindenható kezével a követendő útmutatásokat egy nagy könyvbe beleírta, melyet természetnek hívunk. Saját magából adott egy részt az embernek, az értelmet, melynek segítségével képesek vagyunk a Természet Könyvét olvasni és az ő isteni világtörvényét megérteni. Ezzel az embert sorsának urává tette és az emberiség létét és fennmaradását az ember kezébe adta. Egyetlen természeti törvény sem gondoskodik az emberről, mert a törvények az emberek szolgái és a szolga szolgálja az urát, nem pedig gondoskodik róla. Ismerjük az emberiség fennmaradásának és szaporodásának feltételeit, melyek a talajjal kapcsolatosak. Tudjuk, hogy a termékeny földben is szűkösen fordulnak elő tápanyagok és a készlet véges. Az élővilágban minden fajjal szemben létezik egy másik, mely az elterjedését korlátok között tartja úgy, hogy mindegyik megtalálja a szükséges élelmet és egyik sem szorítja ki a másikat. Az állatfajoknak az élethez és a fennmaradáshoz való jogát természeti törvény biztosítja. Hasonló módon hatna a természeti törvény az emberre is, amennyiben hagyná, hogy az uralkodjon rajta - mint ahogy ez az állatvilágban van.

A sorban az utolsó teremtmény az ember, aki csak önmagával ill. más emberekkel áll szemben. Minden aránytalanság, mely a táplálékkészletek és a népesség szükségletei között felmerül arra indítja, hogy az egyensúlyt ismét helyreállítsa. Mégpedig úgy, hogy a másikat kiirtsa. Az ember, Isten hasonmása, a patkánytól csak abban különbözik, hogy táplálékhiány esetén a hozzá hasonlókat nem falja fel. Aki a társadalom "asztalánál" már nem talál helyet, nem adja át magát teljesen önként az éhenhalásnak. Kicsiben tolvajjá és gyilkossá válik. A világtörténelem minden egyes lapja mutatja ennek a rettenetes törvénynek háborzongató hatását. A Földet, melyet nem tudott termékeny állapotban tartani, itatnia kellett vérrel.

Az egész mindenség számára végül meglehetősen közömbös, hogy egy ország talajtermékenysége állandóan csökken és lassanként éhen hal. Vagy ez a nép (ha ő az erősebb) másik, termékenyebb országban élő gyengébb népet kipusztít és a helyére telepszik. Minden nagy népvándorlás terméketlenné vált földről indul el és termékeny területek felé irányul.

Még mielőtt a római nép a történelem színterén megjelent volna, jóval Róma megalapítása előtt, Itália már Európa legjobban művelt területének képét nyújtotta. Ezt bizonyítják a régi latinok országában a hatalmas építmények maradvái.

nyai - melyeket ma is megcsodálunk - és valamennyi híradásból a régi Latium meglepően virágzó állapotára lehet következtetni. Bizonyossággal állítható (így mondja Schlosser világtörténelmének 3. kötetében, a 140. oldalon), hogy ez az ország sohasem volt jobban benépesítve és sohasem nyújtott az általános jólétről jobb képet, mint a történelem előtti korai évszázadokban. Még akkor sem lehetett az ország állapotát az őskori állapottal összehasonlítani, amikor később a hatalmas római nép a Latiumban fekvő leggazdagabb országok kincseit összeharácsolta.

A római nagyság idején Latium csak néhány család gazdagságát mutatta, míg az ezt megelőző időkben nagy jólét uralkodott az egész országban, valamennyi lakos között. Ott, ahol most a pontinai mocsarak széles, csak állattenyésztésre alkalmas területet képeznek és a levegőt rontják, annak idején 23 igen népes helység feküdt. A latinok szorgalma tehát ezt a mocsaras vidéket éppen úgy termékeny, mezőgazdaságilag művelt vidékké tette, mint ahogy a történelemben először az etruszkoknak sikerült csatornák és gátak segítségével Lombardia mocsarait lakhatóvá tenni. A kisebb és nagyobb latin települések nagy számából, melyeket a római történetírók műveikben felsorolnak, arra lehet következtetni, hogy igen kis területre rendkívül sűrű lakosság jutott. A föld - amelyen laktak - igen termékeny volt, s ezenfelül kertszerűen művelték, hogy képes legyen a lakosság fenntartásához szükséges termékmennyiséget szolgáltatni (Schlosser 141. o.).

Hasonló magas fokon művelt állapotban volt a samnita népek egész területe, az Appeninek hegyháta, az etruszk határtól Itália legdélibb részéig. A Monte Matese hegyes vidékét, amelyet az év egy részében hó fedett és korábban nem műveltek, egy boldog és edzett nép szorgalmával részben szántófölddé, részben rétekké alakította át és hihetetlen módon benépesítette. Csak kevés földterület feküdt kihasználatlanul. Az ország vallása szoros összefüggésben állt a szántóföldi termeszéssel és az állattenyésztéssel. A nemzeti ünnepek is ezzel voltak kapcsolatosak. Egy külön papi rend (fratres arvaes) alkotta a mezőgaz-dálkodás testvéri szövetségét. Nemcsak a kultusz szempontjából foglalkoztak a gazdálkodással, hanem tudományos vonatkozásban is. A vallásos ceremóniák szerkezete és valamennyi népünnepély arra szolgált, hogy a föld művelését államhatalmi felügyelet alatt tartsa és a földművesi szokások iránti szeretetet vallásos kötelezettségek előírásával fokozza. Mivel az erdők az ország klímáját egészségesen befolyásolták, azok a samnitáknál közösségi felügyelet alatt álltak. Milyen állapotok voltak akkor - és mi van most? Pastum szentélyeit (templomait) rózsakertek és gazdagon termő gabonaföldek helyett most fűvet is gyéren hozó, bogáncsot termő sivatag veszi körül!

A tudatlan ember ahhoz szokott, hogy a népesség szaporodását a békéhez, csökkenését pedig a háborúhoz és a pusztító betegségekhez kapcsolja. Tudja, hogy az emberek tömeges megölésében ez vagy az a király milyen ügyes volt és milyen mohón gyarapította hírnevét. Hasonló módon szereztek babérokat a hadvezérek. Ezt nevezi az ember a saját történelmének. De annak a földnek a történetét, melyhez az élete a legszorosabban kötődik, nem ismeri. A béke nem táplálja és a háború

nem semmisíti meg a népeiséget, mindkettő csak átmeneti befolyást gyakorol rá. Ami az emberi társadalmat összetartja vagy szétszéleszti, a nemzeteket és államokat eltünteti vagy hatalmassá teszi, az mindig és minden időben a termőföld volt, amelyre az ember a kunyhóit építette.

Azonban nem magát a termékenységet birtokoljuk, hanem megőrzésének időtartamát befolyásoljuk. Hosszú idővel Róma városának monda szerinti alapítása előtt, az ókori Görögországban és Kis-Ázsia partjain, a kultúra és civilizáció folyamatába belépett a görög nép. Még mielőtt a római állam az akkori ismert világot átfogta volna, a görögök a széthullás minden jelét magukon viselték a termékenységekben kimerült országokban. Már Kr. e. 700-ban nyilvánvalóvá válik ez a folyamat a görögöknek a Fekete-tenger és a Földközi-tenger partvidékeire történő tömeges kivándorlásával és az ország fokozatos elnéptelenedésével és pusztává válásával.

A plataiai csatában (Kr. e. 479) a spártai állam még 8000 harcost tudott a perzsák ellen kiállítani, száz évvel később Aristoteles szerint (Polyb. II,6. 11.12) ugyanez az állam nem rendelkezett 1000 hadi szolgálatra alkalmas férfival. Mint 150 évvel később Strabo panasolja, Lakonia 100 városa közül az ő idejében - Spártát kivéve - már alig 30 létezik. Majd 100 évvel Strabo után Plutarchos (Mor.p.413) Görögország és az antik világ szomorú pusztává válását írja le. De a római államra is hasonló sors várt. Cato (Kr. e. 230) még nem említi a mezőgazdasággal foglalkozó feljegyzéseiben, hogy a római földek termékenysége csökkenne, hanem leírja a legjobb módját annak, hogyan lehet a talajt előnyösen kizsárolni. 300 évvel Cato után Columella a földművelésről írt 12 kötetes művének előszavában így ír:

"Az állam nagyjai egyszer a szántóföldek terméketlenségéről, másszor az időjárás ingadozásáról panaszkodnak, mely utóbbi már jó ideje hátrányosan befolyásolja a terményeket. Mások viszont úgy vélik, hogy a talaj a megelőző idők túlzott termékenysége miatt kimerült és erőtlenné vált. De - folytatja - egyetlen értelmes embernek sem lehet bebeszélni, hogy a föld olyan, mint mi emberek, vagyis megöregszik. A terméketlenség sokkal inkább abból ered, ha a földművelést egyetlen szolgák értelmetlen önkényének engedjük át."

Az az egyszerű tény, hogy már Nero alatt elkezdtek könyveket írni a mezőgazdálkodásról, jele a hanyatlásnak. De még sokkal erősebb bizonyítékát látjuk abban, hogy az utolsó pun háborútól kezdve a népesség csökken. Erre a csökkenésre az itáliai háború, valamint a Marius és Sulla között dühöngő polgárháború csak átmeneti befolyást gyakorolt. Még akkor is, ha tekintetbe vesszük, hogy ez a két esemény kb. félmilliónyi ember életét követelte. A népességszökkenés fő okozója a talaj korábbi termőképességének csökkenése.

Az újabbkori francia történelemből tudjuk, hogy mennyire átmeneti hatást gyakorol a népesség nagyságára még a legvéresebb háború is az olyan országokban, melyek talajának termékenysége még nem merült ki. Az 1793-tól

1815-ig terjedő háborús években Franciaország több mint 3 millió felnőtt férfit veszített. A Vendeé-ban folyó polgárháború után azonban a népesség nagyobb volt, mint 23 évvel korábban, mert a forradalom eredményeképpen sok százezer hektár termékeny föld az eke alá került és ezzel az emberek szaporodásának feltételeit gyarapította. A Julius Caesar alatt (Kr.e. 46) megtartott Census a népességsökkenés tényét kétségbevonhatatlanul megállapította és ennek külső oka sem maradt rejtve a nagy férfiú előtt. Azonban az általa hozott "szántóföld-törvény", melynek alapján 20 000 szegény, 3 vagy több gyermekes polgár között osztotta szét az állami birtokokat, nem tudta a kimerült campaniai földnek elvesztett termékenységét visszaadni. Így ez a törvény nem érte el célját.

Augustus idején oly nagy volt a hiány a hadiszolgálatra képes férfiakból, hogy amikor a teutoburgi erdőben a Varus parancsnoksága alatt álló kisszámú csapat megsemmisült, akkor a főváros és az uralkodó kétségbeesett. Róma már nem tudta kiállítani a két légióhoz szükséges létszámot. Már szó sem volt arról, hogy a háborús szolgálatra önkéntesek jelentkezzenek és a legkeményebb kényszerítő intézkedésekhez kellett folyamodni, hogy egy kis létszámú hadsereget fel tudjanak állítani. Livius (VI, 12) Itália belsejének nagyfokú parlaggá válásáról beszél és a régi, harcos nép országáról azt mondja: "Most rabszolgáknak kell arról gondoskodni, hogy a föld ne váljon teljesen pusztává, alig egy kis 'faiskolányi' katona él meg ott."

A tengeri kalózzokkal vívott háború, melynek szerencsés befejezése (Kr. e. 79) Pompeius hatalmát megalapozta mutatja, hogy Róma milyen mértékben függött a külföldi gabona behozatalától. Róma lakói már Julius Caesar előtt is állandó drágulással, sőt nem ritkán nagyfokú éhínséggel néztek szembe. Ezek összességükben tényszerű bizonyítékok arra, hogy az itáliai mezőgazdaság a Város és a hadsereg szükségleteit csak kivételes esetben volt képes kielégíteni. A meghódított országok brutális kirablása eredményeképpen már Augustus előtt hatalmas gazdagság gyűlt fel Rómában. Ez Augustus alatt a provinciák rendkívüli megadóztatása következtében még tovább gyarapodott. A gazdagság egy részét az ország és a városok nagyszerű középületek, fürdők, hidak, hadiutak és vízvezetékek formájában ugyan visszakapták, de a kereskedelmi forgalom és az ipar fokozása sem pótolta a római szántóföldeknek azokat a feltételeket, melyek az emberiség generációinak fennmaradásához szükségesek. Ehelyett állandóan és megszakítás nélkül csökkent a népesség.

Míg kívülről szemlélve a római állam a gazdasági virágzás és a nagymérvű hatalom minden jelét fel tudta mutatni, addig az a gonosz féreg, amely két évszázada az európai államokban is elkezdte munkáját azon dolgozott, hogy életének velejét elpusztítsa. Milyen sok belátással, erővel és jóakarattal rendelkező férfi uralkodott a császárság első évszázadaiban a római birodalomban! Mit tehetett azonban a leghatalmasabbak hatalma, akik túlzott önbizalmukban saját maguknak állítottak oltárokat és istenként tiszteltették magukat, vagy a filozófusok bölcsessége, a jogtudományok legbehatóbb ismerete, a legmerészebb hadvezérek bátorsága és a legrettenetesebb és legjobban szervezett hadsereg egy

természeti törvény hatása ellen? Az egész nagyság és erő lassan szertefoszlik, a régi fényesség megfakul. A folyamat kezdetén a civilizáció és a szellemi műveltség terjedése erősödött, a művészetek és kézműipar szokatlan mértékben fellendült. Minden állandó fejlődésben lévőnek látszott. Mialatt egy új vallás a régi világot új életerővel volt hivatva megtölteni, minden ennek a világnak a hanyatlását gyorsította.

Mindenkit megelőzve szabad és független az a földműves, akinek a szántóföldje nem nagyobb, mint amit ő és gyermekei kezük munkájával meg tudnak művelni, és akinek a földje eléggé termékeny ahhoz, hogy az állam terheiből részesüljék, részt viselni tudja és emellett családját kielégítően el tudja látni. Sőt egy bizonyos jólétet is tud neki biztosítani. Az ilyen ember számára a gyermek áldás. Ha a szántóföldek kimerülése és elszegényedése következtében a szabad paraszt eltűnik, akkor vele együtt kialszik az igazi polgári gondolkodás és a hazaszeretet, mert a parasztban maradnak fenn a vallásos érzületek és a barázda szeretete, amelyen születtek, és annak az országnak a szeretete, melyet gondoz. Ő mindenkinél jobban tudja becsülni az égi adományokat, az éltető napsütést és a megtermékenyítő esőt és tudatában van annak, hogy ezek nélkül mennyire gyámoltalan. A kis birtoka, ami őt eltartja, nem eladó. Ő az utolsó az országban, aki a hódító ellenséggel szemben az ország védelmére szolgáló fegyvert leteszi. Ő az utolsó, aki a népe közül származó uralkodó iránt hűséges marad akkor is, ha mindenki más ezt a hűséget megtagadja.

De ha tudatlansága következtében a természeti törvényeket megsérti, akkor utoléri őt cselekedetének büntetése. A szántóföldje művelésére irányuló fáradozása és szorgalma csak gyorsítja annak kimerülését. És elérkezik számára az a könnyörtelen időpont, amikor a rablógazdálkodás következtében kimerült talajon már nem tud annyit termelni, hogy családját el tudná tartani. Nem ismeri elszegényedésének igazi okát és ezért a termés hozamok csökkenését számos más tényezőnek a terhére írja. Reménykedik jobb időjárású években és a legsürgősebb szükségleteit adósságokkal kezdi fedezni. Végül az adóbehajtó arra kényszeríti, hogy gabonáját még aratás előtt lábon adja el, és generációk sora után tulajdona hitelezőinek kezébe kerül. Sok kis parasztgazdaságból így módon nagybirtok alakul ki. A nagybirtokos a paraszt családját elűzi és csak a munkás kezeket tartja meg. Nem termel többet, mint a paraszt általában, de sokkal többet szállít el a gazdaságból. A termékek legnagyobb részét ugyanis a kisparaszti gazdaság az állatállományának és háztartásának fenntartására fordította.

A római törvényhozás harca e természeti törvény hatása ellen, mely harc évszázadokon keresztül megszakítás nélkül újra és újra kezdődik, igen tanulságos és megjegyzésre méltó. A törvényhozó, akinek a természeti törvényekről semmi-féle elképzelése sincs, az adott körülményeket és talajviszonyokat tartósnak és megváltoztathatatatlannak tételezi fel - bár ezek nem ilyenek. A népesség és a földek termékenysége csökkenésének okát az emberekben keresi, akiknek természetes ösztöne, hogy fenntartsák magukat és szaporodjanak. Miközben törvényeivel az emberek cselekedeteit meg akarja határozni azt hiszi, hogy előírásai eléggé

hatékonyak bizonyos állapotok fenntartásához vagy visszaállítá-sához. Pedig azokat gyakran nem lehet visszaállítani. A törvény erejével a parasztot elvihetjük az eke mellől és katonát csinálhatunk belőle. De semmilyen kényszer nem tudja a városi embert vagy a katonát ismét paraszttá vagy mezőgazdasági munkássá változtatni, mert ez a legnehezebb munka valamennyi közül. Heteken át a kelő nappal együtt kell kelnie és naponta 16 órát dolgoznia. Már ma kell tudnia, hogy mi a holnapi teendője és ez mindennap valami más. Az időjárás és az évszakok nem várnak rá. A paraszt belenő a saját "üzemmenetébe", nem pedig megtanulja azt, mint a kézművességet vagy ipart.

Sem a Caius Gracchus alatt elvégzett erőszakos birtokosztás, sem pedig Julius Caesar és Augustus fáradozásai, hogy a népesség szükséglete és a föld termőképessége, vagy más szavakkal az éhinség és az ezt már csillapítani nem képes szántóföldek között fennálló megzavart kapcsolatot helyreállítsák, a legcsekélyebb eredményre sem vezettek. Az ínség a hatalom birtokosai számára alig tett lehetővé más kiutat, mint hogy a hiányzó gabonát a provinciák kirablásával pótolják.

Az állam gabonaraktáraiból már Scipio korában (Kr. e. 196) elkezdtek a szegény római polgárok számára gabonát osztani. Caius Gracchus alatt minden önként jelentkező polgárnak havonta 5 mérő (=évi 5,5 hektoliter vagy 15 bushel) gabonát kellett adni. Julius Caesar alatt a gabonajuttatásban részesülők száma 350 ezer, Augustus és a későbbi császárok alatt 200 ezer volt. Az állam tehát évente 1.5-2.5 millió centner gabonát osztott ki. Ez nyilvánvalóan a hadsereg és Latium lakossága szükségletének csak egy töredékét fedezte, mert emellett Róma kapitalistái igen élénk és hasznot hozó gabonakereskedelmet folytattak. A legtöbb gabonát az "Asia" nevű provincia, az afrikai partok közelében fekvő országok, Szicília és Szardínia szállították. Sziciliából a szigeten termett gabona egy tizedét kapta Róma. Ugyanez volt a helyzet Szardíniával is. Az Asia nevű provinciát már Gracchus alatt állami birtoknak (dominiumnak) nyilvánították. El lehet gondolni, milyen hatást gyakorolhatott ezen országok talajainak adottságaira ilyen nagymértékű, sokszáz éven át tartó rablógazdálkodás. Végül is a Romába irányuló gabonaexportot csak a szabad népesség jogfosztásával, rabszolgatömegek alkalmazásával és gyarmatosítással lehetett fenntartani.

A későbbi császárok alatt nemcsak Róma népe, hanem fél Itália lakossága is idegen gabonán élt. Élvezeteik és mindennapi kenyerük a hatalom birtokosainak akaratától és kegyétől függött. Éppen úgy, mint ahogy a hatalom birtokosainak létét a hatalmas államgépezet működésében fellépő bármilyen zavar veszélyeztette. Ez az államgépezet pedig, fennmaradása érdekében, a világ többi lakosának munkaerejét kimerítette. Az államtól való ilyen mértékű függés következtében a római népben az erő és az önállóság érzésének helyébe, melyeket a végzett munka eredményez, az önzés, a szolgálalkúság és az alacsony rabszolgaösztön, valamint az erkölcsi züllés lépett.

Diocletianustól kezdve 300 évvel Augustus után, teljesen eltűnik a szabad parasztság és helyére a kolonusok vagy nem-szabad, a birtokhoz tartozó parasztok lépnek. Ezzel befejeződik az ezeréves folyamat és az ezt követő évszázadokban elkezdődik ennek a hatalmas testnek a belső rothadása, majd elhalása. Mint a patkány a süllő hajót, úgy hagyta el végül is Constantín a széthulló országot, hogy azután ugyanezt a bomlasztó folyamatot egy másik "világűrbe" ültesse át. Görögországban az emberhiány fő okának már Polybios (Ex.Vat. de Sentent. Lib. 37.) a házasságok gyermektelenségét és a házasságkötéstől való félelmet tartotta. Egy jelenség, mely teljesen azonos formában a római birodalomban is fellépett és ami ellen Augustus - bár eredménytelenül - minden rendelkezésére álló eszközzel harcolt. Itt is megmutatkozott, hogy a törvényhozó az államban fennálló bajok kiküszöbölésében mennyire tehetetlen. Bár a bajok jelzéseit felfogja, de a tulajdonképpeni okokat nem ismeri.

Az egyének olyan arányban szaporodnak, ahogy a szaporodásukhoz szükséges feltételek sokasodnak. A nemzetgazdaságtan ennek a törvénynek érvényességét az emberre is bebizonyította. Ezt a törvényt úgy fejezte ki, hogy a házasságkötések és a gyermekek száma bizonyos arányban áll a búzaárakkal. Növekszik a számuk amikor olcsó a búza, és csökken amikor a kenyér és az élelmiszerek ára emelkedik. Spanyolországban hasonló folyamat játszódott le. A császárság ideje alatt Spanyolország Traianus, Hadrianus és Marcus Aurelius hazája volt, amely a világ leggazdagabb és legvirágzóbb országai közé tartozott. Livius és Strabó Hispania termékenységéről, Andalusia százszoros terméséről regélnek. Minden egyes hadjárat alkalmával - így számol be Livius - új fegyvereket, új kincseket találtak, mintha ezen a területen háború sohasem pusztított volna azelőtt.

III. Abd Errahmán uralkodása alatt (912-961) a mohamedán Spanyolország (mely a mai Aragoniát, Valenciát, Új-Kasztíliát, Murciát, Extremadurát, Andaluziát és Granadát, valamint Portugália déli részét foglalta magába) 25-30 millió lakosa volt. Akkoriban Európa legnépesebb birodalma. Tarragonának a birodalom a második legnagyobb városának a rómaiak uralma alatt 1 millió lakosa volt. Később, III. Abd Errahmán idejében is még 350 000, míg manapság 15 000 lelket számlál! Granada városa egymaga 50 ezer harcost tudott kiállítani, és ha az arab történetírók beszámolóinak hihetünk, akkor Cordova városa 212 000 házával és 600 mecsetjével nagyságát tekintve nem sokkal maradt el a századeleji (19. sz.!) Londontól.

Majd 600 évvel Abd Errahmán után Herrera a spanyol mezőgazdaságról írt könyvében, mely II. Fülöp halálának évében (1598) jelent meg, ezt kérdezi: "Vajon mi lehet az oka annak, hogy manapság az élelmiszerhiány az egész országban érezhető és most békében 1 font hús annyiba kerül, mint régebben a háborús idők közepén egy egész birka? A túlnépesedés nem lehet az oka, mert ahol régen 1000 mór dolgozott, most alig 500 keresztény tudja a létszükségletét megtermelni. Az Indiából származó aranybehozatal sem lehet az oka. Talán a föld most kipiheni magát? De hiszen a földnek nincs más nyugalomra szüksége, mint a téli "alvásra". Egy emberöltő óta nem hiányzott a téli eső, mely a talajt felüdítette és ellátta az új

vetés kihajtásához szükséges erővel. Mi hát akkor az oka annak, hogy a föld egészében véve már nem akar bennünket táplálni? "Az öszvér az oka", véli Herrera, "az öszvér, mely a 13. sz. közepén jelent meg és ettől az időponttól számítható Spanyolország parlaggá válásának kezdete. Mivel ez az állat nem elég erős, így nem tudunk elég mélyen szántani!"

A katolikus királyok rendeleteiből képet kaphatunk a spanyol talaj fokozatos kimerüléséről. A kasztíliai királyok (Alonso Onzeno és Rettenetes Péter) már a 12. században rendeleteket adtak ki a rétek és legelők megmentésére. V. Károly császár pedig megparancsolta, hogy a legutóbbi időben szántóföld nyerése céljából feltört réteket ismét rétekké kell visszaállítani! Most Katalóniában egy szántóföld kétévénként, Andalúziában pedig háromévénként egyszer hoz termést (lásd Br. Thienen-Adlerflycht képeit Spanyolországból, Berlin, Duncker 1861).

A keresztények hosszú ideig tartó harca a mórokkal a természeti törvény alapján könnyen érthető. Ez a harc két népnek a mindennapi kenyérért vívott harca volt. Mivel a kevésbé termékeny területeken a keresztény lakosság létszáma megnőtt, élelmiszerhiány lépett fel. Ezzel szembenállt egy másik nép, mely vallása következtében - így vélték - nem volt jogosult arra, hogy létezzen, és amely népnek még teli gabonatarlói voltak. Ez elég ok volt ennek az istentelen "faj"-nak a felszámolására. Egy-két évszázaddal a mórok elűzése után a gabonatarlók ismét üresek voltak, mert a régi források kimerültek. Az új világ kincsei, az arany és ezüst áradata nem volt elég arra, hogy a megszorodott lakosság táplálásához szükséges eszközöket előteremtse. A nemzet ereje végül is elapadt az olyan földterületekért folytatott harcokban, melyektől a táplálék mennyiségének gyarapodását remélték.

Nem a földművelés elhanyagolása, hanem a szántóföldek termékenységeinek rablógazdálkodással történő tönkretétele okozta éppúgy a római, mint a spanyol világbirodalom bukását. Mindkét országban azonos okok azonos hatásokat eredményeztek. A rablógazdálkodást, mely az országokat parlaggá és lakhatatlanná teszi, kevés szóval le lehet írni. Kezdetben, vagy pedig egészen frissen feltört talajon a szántóvető gabonát termel gabona után. Őt természetesen megelőzi a vadász és a vándorló pásztor. A földművelés hatását az országok és népek kultúrájára és civilizációjára a legrégebbi történeti mű, a Biblia, Mózes 1. könyve 4. fejezetében a következőképpen írja le: "A földművelés elveszi a vándorló pásztortól a legelőket és elkergeti a pásztort (Káin, a földműves megöli Ábelt, a pásztort). A földművelés gyermekei (Káin leszármazottai) már nem vándorolnak és állandó szálláshelyeket építenek maguknak (és Ada szülte Jabált, akitől származnak azok, akik kunyhókban laknak és állatokat tenyésztenek).

A földművelésből származnak a békebeli művészetek (Jabal fiútestvérét Jubálnak hívták, s tőle származnak a hárfások és síposok), valamint a kézművesség és az ipar (Cilla szülte Tubalkaint, aki az érc és vas mestere volt). A földművelés a férfi dolga és az isteni parancs szerint mindenütt legyen jelen és sehol se legyen hazája (Káin nem hal meg). Mikor a termések csökkennek, akkor áttelepszik egy

másik földre. A népesség növekedése lassanként ennek a vándorlásnak határt szab. A földműves ugyanazt a földet műveli meg, de egy-egy részét felváltva parlagon hagyja. A terméseredmények állandóan csökkennek és a földműves az eredeti állapot helyreállítására trágyát alkalmaz, melyet a természete-tes rétek szolgáltatnak (háromnyomású gazdaság).

Mivel ez a tápanyagpótlás sem elegendő hosszú távon, ezért a takarmány-termelés segítségével a trágya előállítására tér át (váltó gazdálkodás) magán a szántóföldön. Az altalajt (a takarmánynövények) éppúgy használják, mint a trágyát adó réteket, eleinte megszakítás nélkül, majd a takarmánynövények számára is egy-egy évre parlagon hagyják a földet. Végül az altalaj is kimerül, a földeken nem terem meg a takarmánynövény. Először a "borsóbetegség" lép fel, azután sorra megjelenik a here-, répa- és burgonyabetegség, és végül a föld művelését abba kell hagyni: a szántóföld nem táplálja már az embert. Ez a folyamat több száz évig, egyes szántóföldeken több ezer évig is eltart, mielőtt az ember működésének eredményét észreveszi. Majd talajjavítással (trágyázással) segít magán, mely jele annak, hogy a szántóföld kimerülőben van. Észak-Amerika földművelésének története számtalan vitathatatlan ténnyel ismertet meg bennünket. Láttuk, milyen rövid az a periódus, melyben a földeket folyamatos trágyázás nélkül úgy lehet megművelni, hogy elfogadható terméseket kapjunk gabonából és ipari növényekből. Néhány emberöltő után máris kimerül az a növényi tápanyagtöbblet, mely évezredek át halmozódott fel a talajban, és trágyázás nélkül már nem kapunk kifizetődő nagyságú terméseket.

A washingtoni kongresszus alsóházában a vermonti képviselő Morell egy sor statisztikai felmérés alapján kimutatta, hogy 10 év alatt (1840-től 1850-ig) Connecticut, Massachusetts, Rhode Island, New-Hampshire, Maine és Vermont államokban a gabonatermések felével, a burgonyatermések egyharmaddal, Tennessee, Kentucky, Georgia, Alabama, valamint New York államokban pedig a búzatermések felével csökkentek a korábbi adatokhoz képest. A búza átlagos termése 1850-ben Virginia és Észak-Carolina államban mindössze 7 bushel/acre, Alabamában csak 5 bushel/acre volt. Texas és Arkansas új gazdaságaiban átlagosan 700-750 font/acre gyapotot takarítanak be, míg Dél-Carolina régebbi ültetvényei ennek a felét adják.

"Ha vidéken kirándulunk - mondja Alabama képviselője Clay - számtalan farmházat találunk, melyek egykor szorgalmas és intelligens szabad földművesek lakhelyei voltak. Most ezek üresen, elhagyatottan és romosan állnak. Az egykor termékeny szántóföldeket gaz borítja! A régebben élénk településeken a falak között moha nő és egyetlen tulajdonost tart el az a területet, mely valamikor tucatnyi fehér ember családjának boldog tűzhelyet tudott biztosítani. Egy ország, mely gyermekeiét még nem haladta túl, máris az öregkor és a pusztulás barázdáit viseli homlokán éppúgy Alabamában, mint Virginiában és a két Carolina államban."

Mindenütt, a Föld minden táján a figyelmes tekintet ugyanazt a természeti törvényt ismeri fel. Ahol régen hatalmas birodalmak virágoztak és sűrű népesség tudott a talajtól táplálékot és gazdagságot nyerni, most ugyanaz a földdarab már nem terem annyi, hogy érdemes lenne megművelni. Különösen ismeretes a kémia és a fizika területén, hogy minden természeti jelenségnek nem egy, hanem több oka is van. A legegyszerűbb kémiai jelenséghez mindenkor három dolog tartozik, melyek aránya és együttes jelenléte hozza létre a reakciót. Egy nép hanyatlását sem lehet kizárólag egyetlen ok terhére írni. Kétségtelen, hogy számos más tényező is részt vesz ebben a folyamatban. Az egyéb tényezők azonban megváltoztathatók, míg a talaj kimerülésének folyamatában a rablógazdálkodás mindig jelen van és kifejti hatását. A nép az állami és családi élet jelenségeit, a népesség körében uralkodó állapotokat leegyszerűsítve egyetlen okra vezeti vissza. Ez az egy ok sem lehet valós, hiszen amit érzékel, az mindig valaminek a hatása.

Az egyszerű nép a drágulást a pékeknek vagy az uzsorásoknak tudja be, egy járványos betegséget pedig a kutak mérgezettségének a terhére ír. Megölik a vakondot és kiirtják a verebet, pedig oly kevés kárt okoznak és oly sok hasznot hoznak. Az államférfiak nézeti politikai dolgokban hasonlatosak a tömegekével a tekintetben, hogy a nép körében lezajló mozgást, sőt a forradalmat és a fennálló politikai hangulatot személyekhez kötik. A személyek cselekedetei csak tükrözik azon állapotokat, melyeket az ember maga idézett elő a természeti törvények kényszere alatt. Egy nép hanyatlásának politikai okai nem hatnak a talajra és nem tudják annak állapotát tartósan megváltoztatni. A nemzet hanyatlása akkor lesz tartós, ha a talaj tulajdonságai megváltoznak, elszegényedik.

Ahogy a földműves elhagyja terméketlen földjét és újat keres, mely el tudja tartani, ugyanígy változik és vándorol az országok állapotával együtt a népek kultúrája és erkölce. A népek a talaj termékenységének függvényében keletkeznek és fejlődnek, a termékenység kimerülésével látszólag eltűnnek. A szellemi javak, melyek a kultúra és a civilizáció termékei, nem tűnnek el, csupán más területre költöznek. A nemzetek keletkezése és hanyatlása tehát ugyanannak a természeti törvénynek van alávetve.

A Föld legnagyobb birodalmának története semmit sem tud a nemzet keletkezéséről és pusztulásáról. A bibliai időktől kezdve napjainkig Kinában a népesség szabályos növekedését lehet megfigyelni, melyet csak átmenetileg szakít meg a belső háborúk hatása. A hatalmas birodalom egyik részében sem csökkent a talaj termékenysége ama törődés eredményeképpen, amit a földművelőtől kapott. A japán szigetország hegyes vidékének legfeljebb fele része művelhető. Nagy-Britanniánál nagyobb lakosságát a rétek és takarmánytermelés, ill. a guanó, csontliszt és csilisalétrom behozatala nélkül nemcsak ellátja élelemmel, hanem amióta kikötői megnyíltak a világkereskedelem előtt, évente nem jelentéktelen exportra képes. (Dr. H. Maronnak, a kelet-ázsiai expedíció tagjának a japán mezőgazdaságról a földművelésügyi miniszter számára készített jelentéséből. Lásd: Függelék).

A tapasztalat és a megfigyelés tanította meg a kínai és a japán gazdákat arra, hogyan kell a földet időtlen időig termékeny állapotban tartani és a terméshozamot a népesség számának növekedésével együtt fokozni. Ezekben az országokban a gazdálkodás szorosan kötődik a szigorú vallási előírásokhoz. A kínaiak "istene" tulajdonképpen a szántás. A kínai és japán gazda belterjesen művelt, tápanyagban dús talaján nincs szükség kötelező növényi sorrendre. Azt vet, ami a leghasznosabb. A talaj hozama a "talajerő" kamata, és ő sohasem csökkenti azt a tőkét, amely neki ezt a kamatot hozza.

Az európai mezőgazdaságban, mint pl. Spanyolországban, Olaszországban, valamint Perzsiában és más országokban azt látjuk, hogy a talaj terméketlenné és parlaggá válik. Ez teljes ellentéte a japán földművelésnek. Az európai földművelés "művészetének" célja és fő feladata, hogy a földből annyi gabonát és húst nyerjen, amennyi csak lehetséges és a legkevesebb pénzt adja ki azért, hogy "a termésekkel elszállított talajerőt visszavásárolja". A német gazdálkodók közül az tartja magát a legtapasztaltabbnak, akinek sikerül a legnagyobb mennyiségben gabonát és húst piacra vinni anélkül, hogy trágyát vásárolna. Igen, ez az ember büszke az eredményeire és a többiek még dicsérik is, hogy milyen ügyes és milyen jól tudja a földjét kezelni.

Egyetlen értelmes ember sem tarthatja az ilyen gazdálkodást tartósnak és nem hiheti, hogy a rablógazdálkodás az európai országok esetében nem fog ugyanazokkal a következményekkel járni, mint a többi ország esetében. Nem létezik olyan természeti törvény, mely az emberről gondoskodik. A földek termékenységének megőrzését a Teremtő az ember kezébe adta. Egyedül ő felelős mindazért a nyomorért, ami cselekedetei következtében utódaira hárul. Isten és az emberiség elleni vétek a talajtőkét eltékozolni és az élet körforgásából elvonni. Ez a tőke családja és minden rákövetkező generáció fejlődésére szolgál. Kétségtelen azonban, hogy fenntartása és újrateremtése némi költséget és kényelmet-lenséget okoz. Schubert és mások leírása képet ad a múlt század II. felében folytatott gazdálkodás következményeiről, arról az állapotról, mely felé haladunk, ha a gazdálkodók nem ismerik fel a talajkimerülés lényegét.

"Rossz, savanyú réti szénán kívül már nem volt más téli takarmánya az állatoknak, mint egy kevés fehérrepa, sárgarépa, káposzta és burgonya. Mindezekből azonban nem sok, mert a földeken már magától nem nőtt semmi. A szûkös eledelt télen még takarékosabban adagolták. Amikor elfogyott, az állatoknak meg kellett elégedniük árpa-, zab- és borsószalmával, így a tej, vaj és sajt kevés és rossz minőségû lett. Aggódva várta az ember a tavaszt, hogy egy kevés zöldet kapjon. Ha a fû már kb. egy ujjnyi magasra nőtt, az állatokat kihajtották a legelőre, ahonnan éppenolyan éhesen tértek vissza. Úgy néztek ki mint azok a sovány tehenek, melyeket a fáraó álmában látott." Így írja le az akkori állapotot Johann Christian Schubert, akit II. József császár a lóhere termesztés bevezetése körül szerzett érdemeiért a Szent Római Birodalom lovagjává nevezett ki (szó szerint: a lóhereföld lovagjává). A kényszerítő szükség talán már akkor jobb belátásra bírta volna a gazdákat, de bekövetkezett három olyan esemény, mely egy

évszázaddal meghosszabbította a rablógazdálkodás gyakorlatát. Ez pedig a gipsz használata a heretermelésben, a burgonyater-mesztés térhódítása, valamint a guanó bevezetése volt.

Angliában és Franciaországban a földművelés a trágyagazdálkodásra való áttéréssel már belépett az utolsó szakaszba. A szántott réteg az évszázadokon át folytatott háromnyomású gazdálkodás eredményeképpen kimerült, termőképességét az altalaj rovására lehetett átmenetileg megőrizni here és takarmánynövények termesztésével. A gipsz gyakran látványosan növelte a here termését, ezzel a takarmányt, a trágyatermelést és a búzaterméseket. A burgonya pedig a kimerült gabonaföldeken adott az ember és az állat számára sokkal nagyobb mennyiségű tápanyagot, mint bármely más kultúrnövény.

A burgonya jelentőségét jól mutatja az 1847-es rossz burgonyaév, amikor a kielégítő gabonatermés ellenére valamennyi élelmiszer nagymértékben megdrágult és Spessartban, Sziléziában, valamint Írországból éhínség lépett fel. Feltételezhető, hogy Franciaországban és Németországban a népesség egyharmada főként a burgonyára volt utalva. Kétségbeejtő és szörnyű állapot következne be, ha a burgonya a forgóból tartósan kiesne. Európa mai népsűrűsége a gipsznek és a burgonyának köszönhető. A lakosság száma 20-30 millióval kevesebb lenne a burgonya nélkül. A burgonya múlt századi betelepítését nagy jótéteménynek kell tekinteni, mert akkor már a legfontosabb élelemként szolgáló növényeket, mint a borsót és egyáltalán a hüvelyeseket a szántóföldek kimerülése következtében nem lehetett biztonsággal termeszteni. A tápláló szemeszterményeknek, tehát a húst helyettesítő hüvelyeseknek helyére lépett a burgonya.

A burgonya kiterjedt gyökérrendszere segítségével "feltúrja" a földet - mint a disznó - és viszonylag szegény talajon is megterem. Azon a tápanyagkészleten osztozik a gabonafélékkel, melyek az istállótrágyázás nyomán a szántott rétegben felhalmozódnak és utolsó azon növények sorában, melyek a legfelső talajrétegben még kifizetődően termelhetők. A burgonya termesztésbe vonását és a gipszezés bevezetését a gazdaságok feljavításának tekintették. Nem azért, mert segítségükkel a hatékony talajtőke megnőtt volna, hanem mert a gazda bevétele gyarapodott. Hogy valamikor eljön az idő, amikor a talaj már burgonyát sem terem és a gipsz sem növeli a herehozamokat? Hogy a termések nagyságával csökkennie kell annak az időtartamnak, mely a teljes talajkimerülést eredményezi? Ezek a gondolatok az akkori gazda számára elképzelhetetlenek voltak. Az ő gazdálkodása évszázadok óta azon az elképzelésen alapult, hogy a talaj termőképessége a mezőgazdasági művelés következtében inkább nőhet.

A szükség az angol gazdákat már rávitte arra, hogy a csontot értékes trágyának tekintsék. Oly nagy értékűnek, melyet a német gazda egyáltalán nem tudott felfogni és 70 éven át teljes közömbösséggel szemlélte a csontok mázsaszámra történő kivitelét. A német szántók csontlisztből való megfosztása hátrányos, ha az angol földekre való kihordása hasznos. Ha ott a gabona- és lóheretermést növelte, akkor itthon a gabona- és lóheretermésnek csökkennie

kellett. Egy másik s talán a legnagyobb "rossz", mely a burgonyatermelést követte és nélküle valószínűleg nem, vagy nem olyan mértékben jelent volna meg, hogy a főleg burgonyával táplálkozó népesség munkaereje csökkent. A burgonya bevezetése óta a férfiak átlagos magassága mind Német-, mind Franciaországban csökkent oly mértékben, hogy a katonaságnál megkövetelt magasságot 70 évvel ezelőtt le kellett szállítani.

A híres anatómus és fiziológus Tiedemann hátrahagyott feljegyzéseiben, melyeket veje, prof. Bischoff bocsátott rendelkezésemre, a következőket mondja: "A testmagasság pontos vizsgálata lehetővé teszi, hogy egy nép virágzására, jólétére és fizikai állapotára következtetéseket vonjunk le. Az élőlények kedvező életkörülményeit bizonyos határok között jelzi, ha fajuk átlagos testmagasságát meghaladják. Az ember esetében is bizonyított, hogy testmagassága csökken, ha életkörülményei akár fizikai, akár szociális okok miatt rosszabbodnak. A testmagasság fontos kiindulópont a népesség erejének meghatározásánál, ugyanis olyan mértékben satnyul, ahogy az átlagos testmagasság csökken. A jómódú rétegek tagjai magasabb növésűek, mint az alsóbb osztályhoz tartozók. A természet vizsgálatához a katonai összeírási listák nyújtanak jó alapot."

A vizsgálatok szerint valamennyi európai országban csökkent az összeírás bevezetése óta a felnőtt férfiak átlagos testmagassága és ezzel együtt a katonai szolgálatra való alkalmasságuk. A Francia Forradalom (1789) előtt egy gyalogos minimális testmagassága Franciaországban 165 cm volt, 1818-ban azonban már csak 157 cm (a márc. 10-i törvény szerint), majd az 1832. márc. 21-i törvény értelmében 156 cm. A nem megfelelő magasság és egyéb testi fogyatékoságok miatt az újoncnak átlagosan több mint felét kimustrálják. Szászországban 1780-ban a katonaság által előírt testmagasság 178 cm volt, most 155 cm. Poroszországban 157, Ausztriában 160, Svédországban 162 cm a kívánt méret.

Az egyoldalú burgonyafogyasztás illetően hatását Boussingault kísérletei mutatják, amelyekből látható, hogy lehetetlen egy disznót burgonyával akár közepes nagyságúra felnevelni. Mindig kisebb marad, mint a szokásos módon hizlalt, hús-súly a bizonyos határ fölé már nem emelkedik. A 8 hónapos 120 font súlyú hízó kizárólag burgonyával történő etetés következtében 93 nap alatt 14.5 fonttal gyarapodott. Egy másik 8 hónapos 118 font súlyú ugyanilyen etetésnél 208 nap alatt 48 fontnyit hízott. Amikor az állatok elérték 1 éves korukat, burgonyával történő etetéssel súlyuk már nem változott. Egy másik 8 hónapos 120 fontos sertést, melyet burgonyával, íróval, konyhai hulladékkal etettek, 97 nap alatt 104 fonttal gyarapodott. A további 9 disznó összesen 1174 font súllyal, ugyanilyen vegyes táplálékon tartva, 97 nap alatt 826 fonttal (egyenként átlagosan 92 fonttal) hízott. Ez ismert dolog, ezért a gazda keveri a burgonyát a csont-, vér- és húsképző anyagokban gazdag borsóval. Így előnyösen megváltozik a húсарány és a disznó tovább nő, az egyoldalú burgonyatáplálás negatív hatása megszűnik.

A múlt század vége felé a here és a burgonya bevezetésével az élelmiszer-termelés tehát jelentősen nőtt. Valószínűleg egy-két évtized elteltével a növekedés

megtört volna és a termelésben hiányjelenségek lépnek fel, ha a népesség a természeti törvények szerint szaporodik. Az egymást követő emberemésztő háborúk egész sora azonban majdnem valamennyi európai országban visszaszorította a lakosság számát és megakadályozta a természetes szaporodást. Olyannyira, hogy még az igazán háborús időkben sem lépett fel tulajdonképpen hiány vagy nyomasztó drágulás. Ha a háborúk nélkül a kontinens népessége 1790-1815 között ugyanolyan mértékben gyarapodik mint mostanában, akkor az 1816. és 1817. évi éhínséget néhány millióval több ember élte volna meg. Aki erre az időre emlékszik nem fog kételkedni abban, hogy sok európai országban olyan állapotok léptek volna fel, melyeknek borzalmaikat még a középkorban sem ismerték.

Az ezután következő években a gabona- és termékárak szokatlan mértékben csökkentek, míg végre a 30-as évek közepére a népesség növekedése következtében egyensúly állt be. Akkortól indul meg a tömeges kivándorlás. A kivándorlás ellenére 1816 és 1846 között a lakosság száma a Porosz Királyság területén 54 %-kal, Szászországban kb. ugyanennyivel, Ausztriában és Bajorországban 27 ill. 26 %-kal és a többi országban is hasonló mértékben szaporodott. Az élelmiszer-szükségletnek többször úgy fedezték, hogy korábban műveletlen földeket művelés alá vontak. A szükséglet nagyobb részének előállítását az tette lehetővé, hogy 1841 óta guanót importálnak és használnak is a mezőgazdaságban. A guanó a kimerült európai földeken fokozza az élelmiszerek termelését. Nélküle Európa elképzelhetetlen helyzetben volna.

Feltehető, hogy a trágya minden fontjával 4-5 év alatt kb. 5 fonttal több gabonát vagy gabona-egyenértéket (búzát, árpát, zabot, burgonyát, lóherét) lehet nyerni. 1855-ben Glasgowban a brit természettudományi konferencia megnyitó beszédében Argyll herceg megemlítette, hogy 1841 és 1855 között Nagy-Britanniába több mint 1.5 millió tonna Peru-guanót importáltak. És ez még nem éri el a tényleges számot ha feltételezzük, hogy ugyanezen idő alatt Európába összesen 2 millió tonnát hoztak be (1841-ben 2881 tonnát, 1859-ben 286 000 tonnát importált Anglia). Ebből kiszámítható, hogy a guanó segítségével 15 év alatt 10 millió tonnával több gabonát ill. gabona-egyenértéket lehetett termelni. Ez a gabona- és állatimporttal egyenértékű trágyabehozatal elegendő arra, hogy kereken 27 millió embert egy éven át el lehessen tartani, vagy 1.8 millió embert 15 éven át táplálni lehessen. Ebben a számításban nem szerepelnek az 1855-1862 közötti évek, melyekben legalább annyi guanót hoztak be Európába, mint az azt megelőző 15 év alatt.

A Peru partjai előtt állomásozó Moresby tengernagy 1853-ban azt jelentette az angol kormánynak, hogy felmérései alapján a Chinchas-szigeteken a guanókészlet 8.6 millió tonna. Azóta csak Angliába Pusey szerint évente 150 000 tonnát importáltak. Az Egyesült Államokba bevitt guanó mennyisége meghaladja az angol hajók által elszállított tonnákat. Moresby tengernagy ezután kijelenti: "Az átlagos kivitt tekintetbe véve az ezeken a szigeteken található jó minőségű, angol piacon eladható guanókészletek 8-9 éven belül ki fognak merülni." "Igaz ugyan", mondja Pusey, "hogy a perui kormány szerint az északi és déli körzetekben még további 8

millió tonna guanókészlet lehet, ha azonban a spanyolok matematikai "lazaságát" tekintetbe vesszük akkor félő, hogy a mi szükségletün-ket ezekből a körzetekből sem lehet sokkal hosszabb időn át fedezni." "A guanó-kereskedelem a kormány monopóliuma. Azt mesélték nekünk, hogy ebben a sza-bad köztársaságban Don Domingo Eliast a callaoi börtönbe zárták tavaly nyáron, mert nyilvánosan kijelentette, hogy 9-10 éven belül a guanókészletek elfognak."

Amennyiben Moresby tengernagy tévedett és a készlet háromszor, hatszor vagy kilencszer akkora, mint 1853-ban tartotta, akkor is rövid idő áll az európai gazdák rendelkezésére, hogy szükségleteiket fedezni tudják! Mi történjen azután? A vámunió államainak, beleértve Hannovert és Oldenburgot is, 1858-ban 11 millióval több lakosa volt, mint 1818-ban. Ha egy fő napi táplálásához 2 font gabonaegység szükséges, akkor ez évente és fejenként több mint 7 cuntr gabonaegységet jelent. Az 1858-as évben a vámunió lakossága 80.5 millió centnerrel több gabonaegységet fogyasztott el, mint 1818-ban. Ha a lakosság létszáma az elkövetkező 40 évben ugyanolyan mértékben nő mint eddig, akkor Németország szántóföldjeinek legalább 2 millió centnerrel kell évente növelnie a termelését ahhoz, hogy a növekvő számú lakosságot elláthassa. Felmerül azonban a kérdés, hogy ha az Európán kívüli országokból a trágyaimport megszakad, hogyan tud-ják a szükséges terméstoppletet előállítani? Hogyan lehet egyáltalán ehhez a terméstopplethez hozzájutni? Új guanótelepek felfedezésére nem lehet számítani. Az utóbbi években valamennyi tengert átkutatták. Egyetlen kis szigetcske, egyetlen partszakasz sem maradt átvizsgálatlanul a guanó eredménytelen felkutatása során.

Ami az Európán kívülről történő gabonabehozatalt illeti, a Földön egyetlen ország sincs olyan helyzetben, hogy tartósan tudna gabonát exportálni. Az Egyesült Államok növénytermesztési viszonyai is megváltoztak. Az angliai guanóbehozatal első éveiben az amerikai farmerek büszkeséggel tekintettek saját gazdag országukra, és sajnálattal Európa kimerült földjeire. Később Észak-Amerikában nagyobb lett a guanófelhasználás, mint Európa államaiban együttesen. Az amerikai mezőgazdaságot tekintve nem szabad ábrándokban élni. 1850-ben a lakosság 23 191 836 fő volt, 1856-ban viszont már 27 605 527, tehát a népesség hat év alatt 4 413 691 fővel gyarapodott. Ez megfelel a Bajor Királyság népességének. 1856-ban az Egyesült Államok lakosai 33.5 millió centnerrel több gabonát és gabonaegységet fogyasztottak, mint 1850-ben. Ha feltételezzük is, hogy 1850-ben ezt a mennyiséget az akkori lakosság szükségletén felül megtermelték és Európába szállították (2100 hajót jelentene egyenként 800 tonna rakomány-nyal), az 1856-os évben hasonló nagyságú kivitel már nem volna lehetséges. Csak akkor, ha eddig még nem művelt területeket vonnak be a termelésbe. A terület-hez képest csekély lakossággal rendelkező országokból lehet gabonát kivinni. Bizonyos idő után a szántóföldek termőképessége csökken. Kevesebb gabonát adnak mint korábban, viszont a gabonát fogyasztó lakosság száma általában nő. Már nem lehet exportálni. Még ez előtt birtok-felaprózódás lép fel. A durva rablógazdálkodás átalakul a rablás "művészetévé". Újabb évek elmúltával az ország behozatalra szorul.

A kis tőkével dolgozó gazda már nem képes saját birtokán előállítani a családja fenntartásához szükséges élelmet. Korábban 20 hold elég volt erre a célra, most 40 hold kell. Eladja tehát a földjét és vagyonának maradékával kíván-dorol. Vagy annyira elszegényedik, hogy napszámosnak áll be egy nagybirtokos-hoz. A nagybirtokos bevezeti az intenzív gazdálkodást. Csökkenti a gabonatermő földek számát és megnöveli a takarmánytermelő földekét, melyek segítségével a hiányzó trágyamennyiséget kívánja előállítani. Ily módon a gabonatermő földek állandóan csökkennek, végül birtoka egy nagy marhalegelővé válik. Nagy földterületek kis számú tulajdonos kezébe kerülnek.

Ez a rablógazdálkodás természetes következménye, mely különösen megnyilvánult Észak-Amerikában. Ha az Egyesült Államok többlettermelése azonos szinten maradna (ami elképzelhetetlen), a fentiekben feltételezett hatalmas mennyiségű búzakivitel egész Európa lakosságának csak 6 napra, Anglia, Franciaország és Németország lakóinak 2 hétre volna elegendő. És a költségek. A búza (gabona) vám megszüntetése előtt a gabonaimport évente Nagy-Britanniában 5 millió, a vám megszüntetése után 19 millió font sterlinget tett ki. (Roscher).

Európai lakosság csak akkor élhet meg ezen a területen, ha a jelenlegi gazdaságát átalakítja. Ahogy ezt már bizonyítottam, a guanó nem kínál perspektívát. Ehhez a természetben előforduló új, bőséges növényi tápanyagforrások kellene és veszteség nélküli visszapótlás. Ha nem tesszük, egy idő után már nem lesz szükség tudományos vagy elméleti fejtegetésekre e törvényt illetően. Tapasztalni fogjuk, hogyan bosszulja meg magát ennek a törvénynek a megsértése. A népek arra kényszerülnek majd, hogy szörnyű háborúkban szünet nélkül egymást öljk és így állítsák helyre az egyensúlyt.

Ha (amitől Isten óvjon) két olyan év mint az 1816-os és 1817-es következne egymás után, akkor a túlélők százezreket látnának a nyílt utcán meghalni. Amennyiben az éhínséggel háború is együtt járna, úgy a 30 éves háborúhoz hasonlóan nem kizárt, hogy az anyák a megölt ellenség hulláit is hazaviszik ismét, hogy azok húásával enyhítsék gyermekeik éhségét. És hasonlóképpen mint Sziléziában 1847-ben, a különböző betegségekben elhullott állatok tetemeit ki fogják ásni a földből, hogy a döögök húásával meghosszabbítsák agóniájukat. Emlékeztetőül, amikor Nördlingben egy kötornyot az ostromlók elfoglaltak és a polgárok a tornyot felgyújtották, az éhező asszonyok az ellenség félig elégett tetemeikre vetették magukat és a tetemekből darabokat vittek haza gyermekeik számára. Ezek nem meghatározhatatlan jóslatok vagy egy beteg fantázia képződményei, mivel a tudomány nem foglalkozik jóslással, hanem számol. Nem a *Ha*, hanem a *Mikor* nincs meghatározva.

Az angol mezőgazdaság példaként szolgálhat arra, hogy a civilizáció az élet körforgásába milyen romboló beavatkozás jelenthet. A múlt évszázad utolsó negyedében kezdtek csontot importálni Angliába. (A guanó importja 1841-ben kezdődött el és 1859-ben már 286 000 tonnára rúgott.) Az átlagos csontbehozatal

60-70 ezer tonna évente. Egy font csont segítségével 3 rotációs periódusban 10 font gabonaegységet lehet előállítani, míg egy font guanóval 5 éves rotáció alatt 5 font gabonaegységet nyerhetünk. Ezek a számok a gyakorlatból származnak és távolról sem fejezik ki a csontliszt és a guanó teljes hatóértékét. Átlagosan 100 font csontlisztben annyi foszforsav van, mint 2600 font búzaszemben, 5700 font lóhereszénában, vagy 17 000 font burgonyában; a 100 font guanó foszforsavtartalma pedig 1300 font búzaszem, 2850 font lóhereszéna, vagy 8500 font burgonya P-tartalmával azonos.

Tegyük fel, hogy az 1810 és 1860 között, azaz 50 év alatt foszfátokból (csontlisztben, gabona, hüvelyesek, repce- és lenpogácsa, csontok és csonthamu alakjában) 4 millió tonnát importáltak. Ezzel az angol szántóföldeken a tízszeres mennyiséget, azaz 40 millió tonna gabonaegységet termeltek meg, ami 110 millió ember egy évi szükségletét képes fedezni. Ezen túlmenően 1845-től 1860-ig, azaz 15 év alatt az angolok évente 100 000, vagyis összesen 1.5 millió tonna guanóval trágyáztak. Ezzel 7.5 millió tonna gabonaegységet termeltek meg, ami 20 millió ember fenntartására elegendő. Ha az 1810 óta behozott foszfátok és az 1845 óta behozott guanó alkotórészei (tápelemei) minden veszteség nélkül a talajokat gazdagítanák és a körforgásban maradtak volna, akkor ezek a földek már képesek lennének 130 millió ember szükséges táplálékát biztosítani.

Ezzel a számítással szemben Nagy-Britannia a 29 millió lakosa élelmét nem tudja előállítani. A vízellátás WC városokban történő bevezetése következtében évente 3.5 millió ember fenntartásához szükséges tápanyag vész el. Az a roppant nagy mennyiségű trágya, amit Anglia évente importál, legnagyobb részét a folyókon keresztül a tengerbe folyik. Ugyanez a folyamat, ha nem is olyan mértékben mint Angliában, de valamennyi európai országban fellelhető. A kontinens nagy városai évente nagy összegeket fordítanak arra, hogy a talajtermékenység megőrzését és helyreállítását a gazdák számára elérhetetlenné tegyék.

A legnagyobb veszélyt az jelenti, ha a gazdák véleményére hallgatnak. Ezer gazda közül jó ha egy ismeri a saját talaját és számot tud adni gazdálkodásáról. Mert hogyan is válhat bölcsé az, aki csak az ekét vezeti s akinek dicsőségét az a tövises ostor adja, amellyel az ökröket hajtja; és nem tud másról beszélni, mint az ökrökről? Arra kell gondolnia, hogyan szántson, reggel és este pedig a teheneket kell etetnie. (Jes. Sirach, Cap. 39. V. 26 és 27.)

Az európai lakosságot pusztulással fenyegető ezen krónikus betegséggel szemben nehéz fellépni, mert a beteg nem hisz a betegségében. A lakosság helyzete olyan, mint azé a tüdővésztesé, aki még a szenvedését is igyekszik eltitkolni és csak egy kis fáradtságról panaszkodik. Hasonlóképpen a gazda is csak arról panaszkodik, hogy a földje egy kissé "fáradt", egyébként semmi baja nincs. A tüdővésztes ember is úgy véli, hogy egy kevés bor vissza tudná adni az erejét. Ezt viszont az orvosa nem engedélyezi, mivel ez a betegség kifejlődését segíti elő. A gazda is azt gondolja, hogy egy kevés guanó segít majd a szántóföldjének, pedig ezzel csak a talaj kimerülését sietteti. Évekig eltart, míg egy fizetésektelen

gazdálkodó bejelenti a csődöt. Amikor már valamennyi barátját és rokonát tönkretette és utolsó ezüstkanalát is beadta a zálogházba, csak akkor adja fel a megmenekülés csalóka reményét.

Így a népek állandó elszegényedése ill. az országok fokozatos elnéptelenedése lassú, évszázadokig tartó folyamat. De fel van jegyezve a nap, amikor mindenütt Európában rádöbbennek majd a gyermekek, hogy atyáik vétkeiért nekik kell vezekelni. A Földön egyetlen nép vagy nemzet sem tudott megmaradni a talajerő megőrzése nélkül. A Föld mindenütt, amikor a lakosság eléri a legnagyobb sűrűséget, parlaggá és terméketlenné válik. Van aki azzal vigasztalja magát, hogy egy görög, ír, spanyol vagy olasz korábban jól termő szántóföld ismét termékennyé válhat. Ez a reménység teljesen hiábavaló. Írországból még egy évszázadon át ki fognak vándorolni. Spanyolország és Görögország lakossága többé nem fog túllépni egy igen szűk határt. (Mármint, ha fennmarad a rablógazdálkodás.)

Aki földműveléssel foglalkozik abban a hitben él, hogy az ő földjei sohasem fogják elveszíteni termékenységüket. Ezért van az emberekben tökéletes gondatlanság és közömbösség a jövő földművelését illetően. Valószínűleg így volt ez minden hanyatlásra ítélt népnél. Semmiféle "állami bölcsesség" nem fogja az európai államokat ettől a végtől megóvni, ha a kormányok és a népek nem figyelnek kellően a talajkimerülés jeleire, valamint a tudomány és a történelem kezdeti intéseire.

A nemzetgazdaság és a mezőgazdaság

Adam Smith halhatatlan művében a népjólét forrásairól azt mondja (német kiadás Ashertől, 169. old.): "Mindaz, ami egy vidék termékenységét fokozza, nemcsak azon talajok értékét növeli, amelyeken a javítást végrehajtjuk, hanem más ágazatokét is azáltal, hogy azokban is igény alakul ki a többlettermék iránt. Az az élelmiszertöbblet, ami a termelő szükségletét meghaladóan rendelkezésre áll, a talajjavítás következtében hozza létre a drágakövek és nemesfémek, valamint a kényelmet és díszítést szolgáló egyéb tárgyak iránti igényt. Így pl. tárgyakat a lakásokban, a ruházathoz, a háztartási felszereléshez és amit a járművekhez használunk fel."

"Az élelmiszerek a világ gazdagságának nemcsak alapját képezik, hanem az élelmiszerfelesleg az, ami más javaknak leglényegesebb értékét adja. Egy ország lakosainak száma nem aszerint alakul, hogy hány embernek képes az az ország a ruházatát vagy lakását biztosítani, hanem hogy hány embert képes táplálékkal ellátni. Ha az utóbbi (azaz az élelem) megvan, akkor az előbbieket (ruha, lakás) könnyű megszerezni." (158. old.) "Ha a dolgok természetes folyásába az emberi intézmények nem avatkoztak volna be zavaróan, akkor minden polgári társadalomban a gazdaság fejlődése és a városok növekedése a mezőgazdaság javulásával együtt és fejlődésével azonos mértékben haladt volna előre." (373. old.) "Háborúk és forradalmak következtében elapadnak a gazdagság forrásai, mely gazdagság

lényegében a kereskedelemből származik. Az a gazdagság azonban, mely a növénytermesztési kultúra szilárdabb talajából ered, sokkal tartósabb." (409. old.)

Adam Smith nézetei a földművelésről, mint az országok gazdagságának, a népesség szaporodásának és jólétének forrásáról nem tartalmazznak semmi olyat, amit már évezredek óta ne ismert volna az emberiség. Azonban elsőként tudatosította és bizonyította be ezeket az igazságokat. El kell csodálkozni azon, hogy a nemzetgazdaság tudománya, melyet A. Smith hívott életre, közel egy évszázada alig méltatja figyelemre e gondolatokat. A talaj termékenységének vizsgálatát idegen, hozzá nem tartozó területnek tekinti, holott a nemzet-gazdaság és a társadalmi lét alapjául szolgál.

A nemzetgazdaság tudománya magától értetődőnek tartja, hogy a talaj eredeti állapota az emberi munka és adott gazdálkodási mód segítségével megszakítás nélkül újra helyreállítható. Vagyis terem, de belőle semmi sem használódik el. "A jól művelt talaj - véli A. Smith - azzal a trágyamennyiséggel áll arányban, amit egy birtok saját maga megtermel, s ez a trágyamennyiség az állatállomány nagyságától függ." A. Smith idejében a szántóföldek termékenységének okáról még egyáltalán semmi, vagy csak nagyon bizonytalan elképzelése volt az embereknek. Éppúgy, mint évszázadokkal korábban, az a vélemény uralkodott, hogy a gazda a termést munkája és ügyessége révén állítja elő. "A szőlőhegyen kincs van elásva, melyhez a talaj alapos megforgatásával lehet hozzájutni."

A múlt század kohásza azt hitte, hogy az ólom- és vasércből az ő ügyessége révén lehet ólmot és vasat előállítani. És létezik olyan eljárás, melynek segítségével ólomból ezüstöt vagy aranyat lehet készíteni. A fiziológus azt hitte, hogy a növények és állatok életfolyamataiban vas, mész és foszfor keletkezik. A gyomor pedig rendelkezik azzal a titokzatos képességgel, hogy bogáncsot, gázt, szénát és szemeket hússá és vérré tud alakítani. A keményítőlisztet erőlisztnek, a húsleveset erőlevesnek hívták, s mindkettőt kiváló tápláléknak tartották.

A gépész azt hitte, hogy az erő a semmiből keletkezik, a karok és fogaske-rekek ügyes összeszerkesztéséből olyan gépet lehet előállítani, amelyik állandóan tud dolgozni. "A föld nemzőereje hozza létre a szántóföldi terményeket, így mondja A. Smith, és a talaj felszántása és bevetése ennek az erőnek inkább az irányítására, mint fokozására szolgál. A földbirtokos haszna ezen természeti erők hozamának tekinthető, melyek használatát a tulajdonos gyakran a bérlőnek engedi át." Talán abban az értelemben, ahogy a vízesés használatát átengedi tulajdonosa a molnárnak egy évi bérleti díj fejében.

A megfigyelés és a kutatás igazi alapelveit még nem ismerték. Ha egy jelenséget nem tudtak megmagyarázni azt feltételezték, hogy magától keletkezett. Ennek az évszázadnak az elején még a tudósok között is az a vélemény terjedt el, hogy a talaj nem vesz részt a növények létrehozásában. De Saussure vegetációval kapcsolatos vizsgálatainak német fordítója, dr. Voight 1804-ben a könyv függelékében írja (187. old.): "Azt hiszem, hogy olvasóimat eléggé meggyőztem a szerző

állításának tarthatatlanságáról, mely szerint a növények alkotóelemeiket a talajból veszik fel és a kémiai analízisnél abban a formában mutathatók ki, ahogy a növényben jelen vannak." Dr. Voight vitathatatlanul tartja, hogy a növényi hamuban található K, Ca stb. a növény hamvasztásakor jön létre. A következő hipotézist állítja ezeknek az anyagoknak eredetére vonatkozóan: "Trommsdorf-fal együtt hajlandó vagyok feltételezni (mondja a 62. oldalon), hogy az ún. nitrogén az elhamvasztás folyamatában fontos szerepet játszik és talán jelentősen hozzájárul a mész, és különösen az alkáliák stb. képződéséhez." Ezek az eszmék most olyanok tünnek számunkra, mintha egy évezreddel mögöttünk lennének. Ilyen gondolatok uralma alatt a mezőgazdálkodás területén lehetetlen volt igazi haladást elérni.

A jelen idők kohásza tudja, hogy az ólomérc mindazt az ólmot, ezüstöt és aranyat már eleve tartalmazza, amit ebből az ércből ki tud nyerni. Az ő művészete nem az, hogy ezeket az elemeket előállítja, hanem hogy kinyeri. Az orvos már nem hisz abban, hogy a gyógyszerekben gyógyító erő van. Nem hisz olyan szerekben, amelyek hűtenek vagy erősítenek, nem hisz kenőcsökben, melyek sebeket gyógyítanak. A fiziológus tudja, hogy a vér fő alkotórészei a bogáncsban éppúgy, mint a füvekben vagy szemekben jelen vannak. A gyomor semmit nem állít elő, hanem egyszerűen átalakít és kiválaszt. A gépész is tudja, hogy a gép nem termel erőt (energiát), hanem amit erő (energia) alakjában juttattak neki, azt munka formájában szolgáltatja vissza. Hasonlóképpen a talaj olyan arányban használdók el, amilyen arányban termést hoz.

Míg a kézműves minta után és a művész saját elgondolása alapján végzi munkáját, addig a gazda a természeti törvényeknek engedelmeskedik. Feladata hasonló a vegyszergyártóhoz. Senki sem képes szódát vagy szappant "teremteni". Ezeket a termékeket a kémiai erők hozzák létre, melyek csak érintkezés esetén hatnak, ezért a gyártó munkája abból áll, hogy a hatóanyagokat a legalkalmasabb alakban összehozza. A művelethez mechanikai eszközöket, olvasztó- vagy más kemencéinek melegét használja fel. Így eltávolítja az ellenállást, amely a kémiai erők hatását akadályozza.

Ugyanilyen módon nem képes a gazda mezőgazdasági termékeket "teremteni". Munkájával csak azt éri el, hogy a népfény és a meleg hatására a vetőmagban jelenlevő sajátos tevékenység eredményeképpen a levegő, a víz és a talaj bizonyos alkotóelemei egymásra hatnak. Ezáltal a csírából kifejlődik a növény teste. A gazdának minden cselekedeténél szem előtt kell tartania, hogy a növény élőlény, melynek fényre, levegőre és térre van szüksége ahhoz, hogy élete fenntartásához szükséges szerveit fel- és lefelé egyaránt kifejleszthesse. A gazdának minden akadályt és kártevőt el kell távolítania, melyek a növény tevékenységét visszaszorítják. Gondoskodnia kell arról, hogy ne hiányozzék a talajból az az anyag, amely a növény felépítéséhez szükséges, és így sok terméket tudjon számára előállítani. Tápanyag nélkül munkájának nem lesz eredménye. A munka önmagában nem teszi a szántóföldet termékennyé. A talaj a forrása minden terménynek és értéknek, amit az ember életfeltételeinek kielégítéséhez felhasznál. A gazdagság, amire egy ország mezőgazdasága révén tesz szert, visszavezethető a

mezőgazdaság teljesítőképességét meghatározó tényezőkre. Két azonos nagyságú országban a lakosság száma a talajok tápanyagtartalmával fog arányban állni.

Az élelmiszerek elfogyasztásakor (emésztés) főként azon elemeket használja fel a szervezet, melyek a levegőből kerültek a növénybe. A talajból felvett ásványi elemek, amelyeket az emberek és az állatok a növényi táplálékkal elfogyasztanak, elröncsolhatatlanok és csekély veszteséggel az anyagcseretermékek alakjában ismét kilépnek a testből. A táplálékot fogyasztó egyén számára a kiválasztott végtermékek értéktelenné, sőt a korhadás és rothadás következtében károssá válnak, így eltávolítandók az ember környezetéből. A talajba visszaadva viszont újratermelik táplálékainkat.

A legtökéletesebb gépi művelés sem képes a talaj termőképességének megőrzésére. A földek fizikai adottságainak javításával és drénezéssel az istállótrágya hatását azonban fokozni lehet. Azaz a drénezett földeken ugyanazzal az istállótrágya mennyiséggel nagyobb termést, vagy pedig kevesebb istállótrágyával egy bizonyos időn át éppen olyan nagy termést lehet elérni. A gazda a vetésváltást, az istállótrágya gazdálkodást, valamint a földek drénezését a földművelés fejlődésének lépéseiként tekinti. Ezek a beavatkozások nem minden esetben jelentenek azonban tényleges haladást. Ebben és a következő okfejtésekben természetesen olyan földekről van szó, melyeknél a művelés, drénezés ill. parlagon hagyás termőképességüket ténylegesen fokozza.

A munka önmagában a talajt egyre jobban elszegényíti és végül is kimeríti. Tudjuk, hogy ezzel a földnek nem adunk semmit, hanem a termésekkel mindig csak elveszünk valamit. Az üzemben termelt trágyák felhasználása és a drénezés a mechanikai munkával azonos hatású. Végül is mi a talajművelés célja? Műveléssel a talaj részecskéit egyenletesen összekeverjük. Azok a részek, melyek az előző termés növényeinek tápanyagokat adtak le és ezáltal elszegényedtek, elkeverednek a friss talajjal. Másrészt a tápanyagrészecskéket szétterítjük a talajban és a következő termés gyökerei számára felvehetővé tesszük. Ez a folyamat azonban az atmoszféra és a víz kémiai hatásának a következménye. Az eke és a borona alkalmazásával csak azt lehet elérni, hogy a levegő és a talajrészecskék egymással érintkezésbe kerüljenek.

A talaj elporításával és a gyakoribb szántással elősegítjük a levegő cseréjét a porózus talajrészecskék belsejében, valamint megnöveljük és megújítjuk a talajrészecskék felületét. A terméstöbblet nem lehet arányos a föld megművelésére fordított munkával. Ezt a törvényt elsőként John Stuart Mill "Principles of Political Economy" 1. kötetében (17. old.) a következőképpen írta le: "A föld termése csökkenő arányban növekszik ahhoz a munkához képest, melyet ráfordítunk. Ez a mezőgazdasági termelés univerzális törvénye." Elég furcsa, hogy ezt így meg tudta fogalmazni, hiszen ennek okát nem ismerte. Kétszeres munkával nem lehet elérni, hogy kétszer annyi tápanyagrészecske váljon felvehetővé. A tápanyagok mennyisége nem azonos minden szántóföldben. Az átmenet a hatékony felvehető állapotba nem csupán a munkától, hanem más külső tényezőktől is függ. Utóbbiak, mint a levegő oxigén- és széndioxidtartalma

korlátozott. A terméstöbbletek akkor állnak szorosabb összefüggésben a munkával, ha az atmoszférának és a víznek talajrészecskékre gyakorolt hatását időben meghosszabbítjuk. A gazda tudja, hogy ha munkája mellett az időt is tekintetbe veszi, aránytalanul nagy terméstöbbletet is elérhet. Ezen a talaj, víz és atmoszféra között fennálló természettudományos kapcsolaton, valamint a talaj művelésén alapszik az ugarolás.

Most már könnyen érthető lesz a drénezés hatása a terméshozam növelésére. A talajban álló vagy mozgó víz megakadályozza a mélyebb talajrétegek levegővel való érintkezését és gátolja ezzel a tápanyagok feltáródását. A drénezés a felesleges víz elvezetésén túlmenően nemcsak a levegő bejutását biztosítja, hanem létrehoz egy állandó légcirkulációt a csövek fölött lévő valamennyi talajrétegben. Az intenzív aerációval a drénezett talaj sokkal rövidebb idő alatt nyeri vissza termőképességét, mint a nem drénezett ugar. Az eke a talajrészecskéket, a drénezés a levegőrészecskéket hozza mozgásba és fokozza érintkezésüket. A mechanikai munka és a drénezés tehát végeredményben ugyanazt a hatást fejti ki. Mindkettő az atmoszféra talajra gyakorolt befolyását erősíti.

A saját birtokon előállított istállótrágya alkalmazása szintén egyik sajátos formája a munkának. Ha a gazdának a drénezés mellett még olyan eszközök is a rendelkezésére állnának, amelyekkel a szántóföldjében szétszórt vagy egyenlőtlenül elosztott növényi tápanyagokat összegyűjthetné és a szántott rétegben felhalmozhatná, akkor nem kételkedne abban, hogy ez az ő munkájának az eredménye. A takarmánynövények termelése éppen ezt célozza. Ezek a növények az igen elágazó és a földbe mélyen behatoló gyökereikkel az altalajban "szétszórt" tápanyagokat felveszik, melyek nagy része a lóhere leveleiben és szárában, vagy a répa gyökerében halmozódik fel. Így végső formában trágyaként szolgálnak és a szántott réteget gazdagítják.

Az istállótrágya rothadásakor szénsav képződik, mely a talaj tápanyagainak mállásában, feloldódásában és diffúziójában fontos szerepet játszik, segítségével a szántás és az atmoszféra hatásai erősödnek. Ahol a szántott réteget istállótrágya segítségével (az alsóbb talajrétegek terhére) tápanyagban gazdagabbá tették, nagyobb lesz a termés mindazon növények esetében, melyek tápanyagaikat főként a felső rétegből veszik fel. Drénezéssel tovább nőhet a termés, mert az aeráció erősíti a szénsvképződést és ezáltal hatását megsokszorozza. Mindkét esetben a nagyobb hozam egyben a talaj nagyobb tápanyagvesztését is jelenti, ezért hatásuk nem lehet tartós. "Nem a szakmai szorgalom, hanem a takarékoság az oka a tőke gyarapodásának" (A. Smith, I. 330. old.). A gyáros tudja, hogy befektetési és termelési tőkéje állandó jelleggel nem csökkenhet, mert tönkremegy. Ugyanígy a gazdának növelnie kell a termés előállításához szükséges hatóanyagok összességét a talajban, ha nagyobb terméseket akar elérni.

Németországban némelyek azt a nézetet terjesztik, hogy a talajban végbemenő mállás következtében (ugarolás) a tápanyagok mennyisége nő, pótlásáról éppen ezért nem kell gondoskodni. A föld mindig egyformán gazdag

marad tápanyagokban, mivel a természettel eltávolított mennyiséget a természet pótolja. Átmenetileg és bizonyos szituációban ez a megközelítés is elfogadható. A termésekkel kivont tápanyag visszapótlását addig el lehetne halasztani, amíg a talaj asszimilálható tápanyagait ugaronhagyással pótolni képes és az ország lakosságának száma nem növekszik. Ez természetesen csak könnyelmű szépítése a rablógazdálkodásnak és az utódokra hárítja a következményeket.

A növények tápanyagai lassan és részben az ember munkája eredményeképpen válnak a növények számára felvehetőkké. Ellenkező esetben az emberek és állatok mértéktelenül elszaporodnának és az emberiség története rövid ideig tartott volna. Éppen abban rejlik a generációk egymásutániségének titka, hogy az ember nem képes a talajt rövid idő alatt termékenységétől megfosztani - bár ostobaságában legszívesebben azt tenné! Ami a körfolyamatban részt vesz, az a jelen nemzedéké. Ami a talaj belsejében van elrejtve, az nem az övé, hanem az eljövendő generációké. (Mózes I. 4. fej. 12.: "Ha a talajt műveled, az ne adja neked mostantól egyszerre az egész kincsét oda.") A tudománnyal szemben a gyakorlat azt állítja, hogy ez a készlet sohasem merül ki. Kijelenti, hogy még sok szántóföld ad nagy termést és még sok földön növelni lehet a hozamokat. A Föld nagy és van még százmilliónyi termékeny terület, melyet emberi kéz még nem érintett. Ez mind igaz és feltételezhető, hogy a Földön való fennmaradásunk még sokáig biztosított. Közelebbi probléma, hogyan fognak a viszonyok az európai orszákokban alakulni, ha a termés évről évre csökken? Mi történik Angliával, ha a búza és a trágya importja egy bizonyos határt elért? Vagy pedig a körülmények Magyarországon úgy alakulnak, hogy a gabonaexport csökken és végül elmarad?

Senki sem gondolhatja, hogy az isteni gondviselés a világ kultúrájának és civilizációjának jelenlegi hordozóit, az európai népeket nem ítélte arra, hogy a régi görögökhöz és rómaiakhoz hasonlóan küldetésük teljesítése után szegénység-be, durvaságba és barbárságba süllyedve pusztuljanak el. A jövő érdekében szükség van a tudomány és történelem segítségével végzett átfogó vizsgálatra és a jelenlegi gazdálkodási mód átértékelésére országos, sőt globális méretekben. Az ilyen elemzés bemutatná a gazdákat, a trágyakereskedőket és -gyártókat álláspontjuknak abszurd voltát, akik azt állítják, hogy a Földön sohasem lesz hiány trágyaszerekben. A visszapótlást nem szabad úgy értelmezni, mintha nem tartanám jónak vagy jobbnak, ha többet adnának a kivontnál és a talajt gazdagítanák. Ez nem lehet kétséges. Sok gazda ezt meg is teszi, de csak azért teheti meg, mert a többség tudatlan és nem törődik a trágyázással. Ellenkező esetben senki sem tudna több tápanyagot vásárolni.

Statisztikai adatok szerint Anglia és Írország évi gabonatermelését (búza, árpa és zab) 12 millió tonnára becsülik. Ha úgy számolunk, hogy a légszáras gabonában átlagosan 0.8 % foszforsav van (búza és árpa 0.9 %, zab 0.8 %), akkor ezzel a természettel az angol és ír földek talajából kerekén 96 ezer tonna fosz-forsavat vonnak ki. Hogy ezt a mennyiséget guanó alakjában pótolni lehessen, évente 800-950 ezer tonna guanót kellene trágyának felhasználni, mivel 1 tonna guanó átlagosan nem több, mint 100-120 kg foszforsavat tartalmaz. A csontliszt átlagosan

24 % foszforsavat tartalmaz és a fent említett mennyiség ily módon 400 ezer tonna csontban van jelen. Angliába 1848 óta évente alig több, mint 200 ezer tonna guanót és legfeljebb 80 ezer tonna csontot importálnak átlagosan. A talajok tápanyagvesztését más termények - répa, here és egyéb takarmánynövények - termesztése esetén itt nem vettük figyelembe. Amennyiben a gazda rendszeresen visszajuttatja a termésben foglaltakat, évek múlva azt fogja tapasztalni, hogy pénzét olyan "takarékpénztárba" helyezte, ahol a kamat egyre emelkedik. A termésnek nőnie kell, mert a mállással a készlet folyamatosan bővül s ezáltal a "működő tőkéje" állandóan gyarapodik. Ugyanakkor trágyaimportra nem építhető egy ország gazdasága és a biztonságos élelmiszerellátás. A bemutatott statisztikai felmérések szerint rövid időn belül (s itt 50 vagy 100 év rövid időnek tekintendő) a trágyaszerek importja abba fog maradni. A városok szennyvíz-problémájával kapcsolatos döntésétől függ az állam jólétének és gazdagságának megőrzése éppúgy, mint a kultúra és a civilizáció előrehaladása.

Anélkül, hogy termelési költségei (a napszámot esetleg kivéve) vagy a termése nőtt volna, a gazda az utóbbi években a gabonáért, húsért, vajért, tojásért stb. egy negyeddel vagy esetleg a felével több ezüstöt kap. Ugyanakkor a szükségleteinek fedezésére szolgáló összes szerszám, gyarmati és egyéb áruk ára nem változott, vagy még inkább csökkent. A gazda bevétele valóban nőtt. A mezőgazdasági lakosság jólétének emelkedése még indirekt úton is kedvező hatást gyakorol valamennyi kézmű- és gyáripari ágazatra, valamint a kereskedelemre. Úgy tűnik, hogy ez a helyzet az egész nemzetnek előnyös.

Az utak és a közlekedés fejlődése, a megnőtt áruehelyezési lehetőség nem magyarázza, hogy a mezőgazdasági termékek ára a kontinensen mindenütt emelkedett. Ha az árak egyszerűen kiegyenlítődnének, akkor az egyik helyen megemelkednének és kb. ugyanolyan mértékben csökkennének a másik helyen. Épp ily kevésbé lehet az áremelkedés okát a rossz termékekben keresni, melyek csak kivételesen fordultak elő. Az igazi ok abban keresendő, hogy a mezőgazdasági termelés nem tartott lépést a népesség növekedésével. A fogyasztók száma nőtt, de a földek hozama nem nőtt ugyanilyen mértékben. A kereslet nagyobb és a készletek csekélyebbek, mint általában.

Az az ellenvetés, amit a városokban felhalmozódó trágyaanyagok mezőgazdaságban történő hasznosítása ellen hangoztatnak, nem helytálló. Még akkor sem ha elismerjük, hogy most még képesek vagyunk a veszteséget talajaink rováására pótolni. Az egészségügy vitathatatlan követelése, hogy az "ürülékanyagokat" el nem bomlott állapotban (tehát olyan gyorsan, ahogy csak lehetséges) keletkezésük helyéről el kell szállítani és odavinni, ahol már nem hathatnak károsan. Épp ez az a pont, ahol a hivatalos egészségügy és a mező-gazdaság találkozik. Egészségügyi szempontból nem kielégítő, hogy az ürülékeket a városokból eltávolítsuk és a folyókba juttassuk, mivel ezzel az ürülék káros hatása nem szűnik meg. A káros hatás megszüntetésének leghatékonyabb eszköze a talaj, mely mezőgazdasági művelés alatt áll.

Most vizsgálják, hogyan lehet az ürüléket a városokból eltávolítani és a mezőgazdaságban hasznosítani. Szinte lehetetlen persze olyan javaslatokat készíteni, melyek minden helyre érvényesek, hiszen mások a körülmények. Sok kisebb városban elegendő a rendőrségi előírások szigorú betartása, mely előírja a szigetelt latrinák építését és a fertőtlenített pöcegödör időnkénti kiszállítását a termőföldre. Nagyobb városok esetében azonban az eddigi tapasztalatok alapján csak a csatornázás és a városi szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosítása hozhat eredményt. Ebben a fontos kérdésben sajnos még a kezdeteknél tartunk. Előítéletek is gátolják a kérdés megoldását. A londoni viszonyok alapján a következőkben megkíséreljük a problémát különböző irányokban megvilágítani és önálló megítélés céljából tényeket és alapelveket felsorakoztatni. (Liebig: Letter on the subject of the utilisation of the metropolitan sewage, addressed to the Lord Mayor of London).

A piacra kerülő termények tápelemtartalma az alábbi:

Tápelem	Búza	Hüvelyes	Burgonya	Káposzta	Széna	Hús
Kálium-oxid	30	40	54	42	18	44
Foszforsav	45	36	18	20	11	42
Mész stb.	25	24	28	38	71	13
Összes hamu	100	100	100	100	100	100

A következő analízisek azt mutatják, hogy az emberi ürülék összetétele a táplálkozástól függ:

Tápelem	Főként növényevő személy vizelet faeces összesen			Főként húsevő személy vizelet + faeces össz.
Kálium-oxid	26	3	29	40
Foszforsav	22	14	36	31
Mész stb	15	20	35	29
Összesen	63	37	100	100

A városnak a vidékhez, ill. a felhasználás helyének a termelés helyéhez való viszonyát ezek a számok szemléltetik. Az ürülékek fő alkotórészei egyben a csatornavíznek is fő alkotóelemei. Ehhez jön még azon állatok vizelete, melyek a városok utcáin vagy istállóiban tartózkodnak, a tengerekből származó élelmiszerek alkotórészei, a konyhai öblítővizek, a leölt állatok vére és egyéb hulladékok. Az állatok csontjai nem kerülnek a csatornába, mert különböző ipari célokra használják fel. Amennyiben tehát a szennyvíz (iszap) visszakerülne a talajba, a gazda visszakapná azokat a tápanyagokat, amelyeket a gabonával, hússal, főzelékfélékkel a városba szállít, és így a talaj termékenységet meg tudná őrizni.

Sok gazdának az a véleménye, hogy az istállótrágya, a foszfátok és a guanó elég a termékenység megtartásához. Ez igaz lehet annyi ideig, amíg a guanó stb. készlete kitart. Ha egy pillantást vetünk a csont és a guanó összetételére látjuk, hogy az egyikben semmi, a másikban csak kis mennyiségű K van. Tehát mindkét trágyából hiányzik az istállótrágya fontos és hatékony alkotórésze, amely a növények fejlődéséhez nélkülözhetetlen:

Tápelem	Csont	Guanó	Guanó
Kálium-oxid	-	1	2
Foszforsav	42	40	42
Mész, magnézium-oxid	58	59	56
Összesen hamu	100	100	100

Ezzel szemben a szennyvíz sok K-ot, ammóniát és foszforsavat, jelentős mennyiségű kénsavat, Ca-ot, Mg-ot, Fe-t és konyhasót is tartalmaz. Hogy a szennyvíz mezőgazdasági értékét megítélhessük szükséges, hogy a benne található

növényi tápanyagok árát kiszámítsuk. Ennél a számításnál csak az ammóniát, káliumot és foszforsavat kell tekintetbe venni, mivel a többi fent említett tápanyag trágyázás céljából nem kerül kereskedelmi forgalomba.

- Az ammónium-szulfátban található ammónia ára, amely só 25 % ammóniát tartalmaz, 62 font sterling/tonna, vagy 6.6 penny/font.
- A 20 %-os szuperfoszfát árát alapul véve 1 tonna "oldható" foszforsav 30 font sterling, azaz 1 fontnyi 3.21 penny. A semleges foszfátokban a foszforsav maximum a felét éri, eszerint 1 tonna "oldhatatlan" foszforsav 15 font sterling, 1 fontnyi pedig 1.6 penny.
- A tiszta K-szulfát (tonnánként 19 font sterling) nem tartalmaz 53 %-nál több K-oxidot, ezért 1 tonna K-oxid kereskedelmi ára 35 font sterling 10 s., vagy 1 fontnyi 3.84 penny.

Ha ezeket a kereskedelmi árakat a guanónál is alkalmazzuk, akkor tonnánként 7 font sterling 14 s-t kapunk. A legjobb guanófajták átlagosan 8.5 % ammóniát, 12 % foszforsavat (melynek 1/4-e oldható és 3/4-e oldhatatlan) és 0.6 % K-oxidot tartalmaznak. Az egy tonna, azaz 2240 font értéke tehát penny-ben:

Ammónia 190.5 font x 6.6 penny	1257
Foszforsav összesen 268.0 font, melyből	
oldhatatlan 201font x 1.6 penny	322
oldható 67 font x 3.21 penny	215
kálium-oxid 13.5 font x 3.84 penny	51
összesen	1845

azaz 7 font sterling 14 s.

Ez az igazi értéke 1 tonna Peru-guanónak, melynek az összetétele a fentiekkel megegyezik. A gazda által fizetett nagyobb árat (13 font sterling 10 s.) támogatják a német agrokémikusok. Feltételezik, hogy a guanó többi N-tartalmú alkotóeleme, mint pl. a karbamid stb. azonos értékű az ammóniával. Mi azonban tudjuk, hogy a guanó vízben nem oldódó maradéka, mely az összes karbamidot és a foszfátok egy bizonyos mennyiségét tartalmazza, csak csekély hatást tud a növények növekedésére gyakorolni. A trágya értékének kiszámításánál azonban biztosan nem megengedhető, hogy olyan anyagoknak is kereskedelmi értéket tulajdonítsunk, melyek hatása nem ismert vagy olyan lassú, hogy alkalmazásuk következtében a gazda semmiféle előnyhöz nem jut.

Szennyvíz esetében bonyolult dolog az értéket meghatározni. A szennyvíz összetétele naponta, sőt óránként változik. Nem csodálkozhatunk, hogy a szennyvíz kémiai elemzése nem szolgálhat biztos támpontként értékének kiszámítására. Nem kevésbé bizonytalan a szennyvíz évi mennyiségének a becslése: két, Londonban végzett becslés egymástól 60 millió tonnával tért el! Megbízhatóbb lesz a számítás,

ha a város lakosainak folyékony és szilárd ürülékét vesszük alapul. A vizelettel pl. London 2 millió felnőtt lakosa naponta 6.2 tonna foszforsavat termelhet.

A vizelet és a faeces foszforsav aránya 3:2, tehát London lakosai naponta összesen vizeletben és faecesben valamivel több, mint 10.25 tonna foszforsavat ürítenek. Továbbá a vizeletben és faecesben lévő foszforsav úgy aránylik a K-oxidhoz, mint 10:8-hoz. Eszerint London lakossága naponta 8.25 tonna K-oxidot ürít. Ennél a számításnál nem vettük tekintetbe azt a 43 millió gallon sört és 65 ezer pipe bort, amit évente Londonban fogyasztanak. A naponta elfogyasztott sörben egymagában 0.5 tonna foszforsav és 0.75 tonna K-oxid található. London utcáin naponta 70-80 ezer ló megy végig, továbbá 15 ezer tehenet is tartanak. Ha feltételezzük, hogy ebből 55 ezer ló és 11 ezer tehen vizelete, valamint a szilárd ürülék 1/3-a kerül a csatornába, akkor naponta 8 tonna K-oxidot és 4.5 tonna foszforsavat veszítünk. London napi termelését az alábbi számokkal jellemezhetjük, tonnában:

Források	Foszforsav	Kálium-oxid
Emberi ürüleből	10.25	8.25
Állati ürüleből	4.25	8.00
Sörből	0.50	0.75
Összesen	15.00	17.00

Letheby elemzése szerint a londoni szennyvíz 1 rész foszforsavra 7 rész ammóniát tartalmaz, tehát 15 tonna foszforsavra 105 tonna ammóniát. Letheby elemzésében a foszforsav mennyisége túl kevésnek tűnik. Az emberi és állati szilárd és folyékony ürülekben a foszforsav:ammónia aránya 1:5, így tehát 15 tonna foszforsavra 75 tonna ammóniával lehet számolni. Az igazsághoz az a feltételezés áll a legközelebb, hogy a londoni csatornába naponta 15 tonna foszforsav, 75 tonna ammónia és 17 tonna K-oxid kerül.

Feltételezhető, hogy a 43 millió gallon sört nem kizárólag Londonban isszák meg, de a 65 ezer pipe bor és a konyhai hulladékok K és foszforsav tartalmát e számításnál nem vették figyelembe. Hogy fogalmat alkothassunk arról a K és foszforsav mennyiségről, amely a konyhai hulladékokkal a csatornába kerül, megelemeztek azt a vizet, amelyben halat és főzelékfélét főztek. London összes ételmeiszer fogyasztását (Mayhen szerint) alapul véve, a konyhai szennyvizekbe az alábbi tápelelemnemység juthat, font/év:

Fogyasztott ételmeiszer	Kálium-oxid	Foszforsav
450 millió font hal	600 800	207 770
510 millió font burgonya	132 343	24 758
89 millió font káposzta	147 241	39 823
14 millió font karfiol	46 364	8 550
Összesen	926 748	280 901

azaz évente 414 tonna K-oxid és 125 tonna foszforsav.

Feltehetően a megadott halmennyiségnek csak több mint felét fogyasztja el London. Másrészt viszont nincs számításba véve 1422 millió osztriga, rák, kagyló stb. És egy csomó főzelékféle, mint pl. borsó, bab (800 000 bushel), spárga (20 000 tucat) stb., amit szintén megfőznek és így ezekből is kerül bizonyos mennyiségű K és foszforsav a vízbe. Továbbá nem vettek számításba olyan konyhai hulladékokat, mint a halpikkelyek, a halszállkák, egyéb élelmiszer maradékok, valamint a vágóhidak hulladékát sem. A fenti számok összességében mérvadóak lehetnek, vagy inkább alábecsülték a K és ammónia mennyiséget. A londoni szennyvíz-termelés kb. évi 266 millió t, azaz naponta 728 762 t, tehát benne 75 t ammónia, 15 t foszforsav és 17 t K-oxid van. Mivel 1 t Peru-guanó maximum 190.5 font ammóniát jelent, a 6811 t szennyvíz ugyanannyi ammóniát tartalmaz, mint 8.3 t guanó; vagy 828 t szennyvíz annyit, mint 1 t guanó.

Ha az ammónia, K és foszforsav ára alapján számítjuk ki a londoni szennyvíz értékét, akkor a napi termelés tápértéke:

75.0 t	ammónia (á 62 font st.)	4650 font st.
7.5 t	oldható P-sav (á 30 font st.)	225 font st.
7.5 t	nem oldh. P-sav (á 15 font st.)	112 font st. 10 s.
17.0 t	K-oxid (á 35 font st. 10 s.)	603 font st. 10 s.
Összesen		5591 font st.

vagy egy évre számítva 2 040 715 font sterling. Eszerint 1 tonna szennyvíz ára 1.84 penny. A guanó vízzeloldható ammóniatartalmának árával becsülve azonban a fentiek éppen a kétszeresét kapjuk.

A növényi tápanyagoknak abban a hígításában, ahogy a szennyvízben előfordulnak, nincs kereskedelmi értékük. Ha szilárd állapotúvá akarnánk feldolgozni, akkor az előállítási költségek sokkal nagyobbak lennének mint az ár, amit a termékért el lehetne érni. Csak a szennyvíz közvetlen felhasználása hasznos a mezőgazdaságban. A szennyvízben található ammónia, kálium és foszforsav hatékonyan érvényesül. A londoni szennyvíznek megfelelően hígított oldatokkal végzett kísérletei azt mutatták, hogy a talaj abszorpciós képessége megvéd a fenti tápanyagok túlzott hatásaival szemben.

Említettük, hogy a növényi tápanyagokkal telített talaj számos növény növekedésére káros. A saláta, burgonya, hüvelyesek ilyen közegben rosszul fejlődnek, elsárgulnak és néhány hét múlva elhalnak. Ezzel szemben a répafélék ugyanitt jól díszlenek. A közönséges tőzeg, melyben gabona, pillangósok, répafélék és a burgonya nem terem meg, termékeny talajjá alakítható át, ha részlegesen K-mal, foszforsavval és ammóniával telítjük. Végül pedig megállapították, hogy a felapított tőzeg trágyaanyagokkal (pl. trágyalével) telítve az istállótrágyához hasonlóan felhasználható. Az istállótrágya hatása főleg azon alkotórészeitől függ, melyeket az eső lassan felold és a talajban ilyen alakban eloszlanak. Kiszámítható, hogy 20 t istállótrágyából 1 év alatt 1 acre felületre jutó eső következtében mennyire hígított oldatot kapunk. A 20 t istállótrágya 330 font ammóniát, 200 font foszfor-savat és 220 font K-oxidot tartalmaz. Amennyiben 1 acre-re átlagosan 2600 t eső hull,

akkor 1 gallon oldat összetétele az alábbiak szerint alakul a szennyvízhez viszonyítva szemerben (grain = szemer = 0,0648 g gallononként):

Tápelemek	Trágyaoldat	Szennyvíz
Ammónia	3.96	7.20
Foszforsav	2.40	1.44
Kálium-oxid	2.60	1.63
Összesen	8.96	10.27

A trágyaoldat hígabb, mint a londoni szennyvíz. Az eső(víz) minden trágya hatékonyságának alapfeltételét képezi. Nem feltételezhető, hogy a szennyvíz tápereje ezért a hígulás következtében csökkenne. Hónapokig tart ugyanis, míg az istállótrágya alkotórészei feloldódnak és a talajt a tápanyagok kellő mértékben átjárják és ott eloszlanak. Ugyanez a folyamat szennyvízzel néhány órán vagy néhány napon belül megy végbe, ezért hatékonysága sokkal nagyobb és tökéletesebb lehet. A később közölt kísérletek szerint az egy év alatt lehullott csapadék kevesebb mint fele szívárgott át a talajon 6 hüvelyk mélységig, a többi elpárologott. Ezt a szennyvízzel kapcsolatban is feltételezhetjük.

Az istállótrágyát átható barna folyadék, a trágyalé összetétele a szennyvízhez viszonyítva a következő (szemerben):

Tápelemek	1 gallon tömény trágyalé	100 gallon szennyvíz
Ammónia	277	720
Kálium-oxid	169	163
Foszforsav	7	144

A trágyalé hatása leglátványosabb a kilúgzott trágyakupac helyén. A gabonának széles, sötétzöld levelei és kövér kalásza, a répának sűrű levélzete és nagy átmérőjű gyökerei nőnek. A trágyalé igen gazdag K-ban, a szennyvíz pedig ezen felül nagy mennyiségben tartalmaz ammóniát és foszforsavat, melyek a guanónak is hatékony alkotóelemei. A szennyvíznek helye van a trágyaszerek között. Senki sem akarja az istállótrágyát guanóval és a foszfátokkal felcserélni, de a szennyvízzel sem fogjuk ezt elérni. A szennyvíz értéke abban rejlik, hogy a foszfátok, a guanó és az istállótrágya hatékonyságát biztossá és tartóssá teszi. Elősegítheti a maximális terméshozamok elérését, mert a szennyvízben mindazon tápelemek jelen vannak, amelyek a másik háromból hiányoznak vagy kis mennyiségben fordulnak elő.

A talajok képességének ismerete elősegítette, hogy a szennyvizet trágyázásra használják fel. Korábban a nagy hígítást megfontolandónak tartották volna. Ma már ismert, hogy a hígítás nem befolyásolja a tápelemek akkumulációját a talajban. Sőt, a biztonságos felhasználás előfeltétele, hogy az emberek és az állatok ürülékeit kellően felhígítsuk. Csak ilyen állapotban lehetséges gépi mozgatusuk stb. A pöcegödrök régi rendszere most akadálynak tűnik, mivel a gödrök tartalmát lóval és kocsival a városoktól jelentős távolságra kell szállítani.

Egyesek attól félnek, hogy a szennyvíz kijuttatásakor a levegő elszennyeződik és sok helység lakhatatlanná válik. A szomszédos területeken lázas és miazmás betegségek is felléphetnek. Ami a szagot illeti, az istállótrágya éppoly kevéssé "jó illatú", mint a szennyvíz. London Themze közelében élő lakosai tapasztalták, hogy a folyó (alacsony vízállásnál különösen nyáron) hasonló egy hígított szennyvízcsatornához. A talajon felhasznált szennyvíz rossz szaga eltűnik, amilyen gyorsan a szennyvíz a talajban eloszlik. A láz és hasonló betegségek fellépésével kapcsolatos félelem nem volna alaptalan olyan helységeknél, ahol a szennyvíz áradás következtében mocsaras, iszapos területet hoz létre. Ilyen értelmetlen eljárást a hivatalos egészségügy azért nem enged meg, mivel a kevésbé átereszthető talajoknál is lehetséges a drénezés, tehát a megelőzés a felesleges víz elvezetésével.

A vízzel hígított trágyalé előnyös hatása a rétekre ismert. A szennyvizet, mely guanó és trágyalé keverékének felel meg, kiváló trágyaként használják rét- és legelőgazdaságokban, habár ez igen előnytelen. Hogy az ember tiszta képet kapjon, ismerni kell a trágyaszerek árát, amely ahhoz szükséges, hogy pl. egy terméketlen homokos talajt - a homoktalaj kiválóan alkalmas a szennyvíz mező-gazdasági hasznosításához - olyan termékenységgű rétté alakítsa át, amely acre-enként évente 12 tonna fű- vagy 4 tonna szénatermést tud adni. Átlagosan 1 tonna széna 18 font foszforsavat, 31 font K-oxidot és 36 font N-t (= 43 font ammónia) tartalmaz. Eszerint 1 acre rétnak, melynek 4 tonna széna a hozama, 172 font ammóniát, 72 font foszforsavat és 124 font K-oxidot kell a növényeknek szolgáltatni. A homoktalajok viszonylag csekély tápanyag-abszorpciós képessége és lazasága (amely lehetővé teszi, hogy a gyökerek könnyen terjedjenek szét) következtében a réti növények számára megadott fajlagos tápanyagszükséglet 12-szerese, 5-10 hüvelyk mélységre elosztva elegendő lesz a tervezett terméshez. Ehhez még természetesen feltételezzük, hogy a K-on, foszforsavon és ammónián kívül a talaj a növények számára szükséges többi tápanyagot is megfelelő mennyiségben tartalmazza.

Acre-enként tehát 2064 font ammóniát, 864 font foszforsavat és 1488 font K-oxidot, ill. egy négyzetlábnyi területre számítva 322 grain ammóniát, 159 grain foszforsavat és 239 grain K-oxidot kell adagolni. Kérdéses, hogy a homoktalaj abszorbeáló képessége elegendő-e a fenti tápanyagmennyiségek megkötésére? Viszonylag csekély mennyiségű agyag (5-15 tonna pro acre) adagolása elég lenne ahhoz, hogy a homok abszorpciós képessége jelentősen megemelkedjék. Ez különben agyag adagolása nélkül is bekövetkezik a szennyvízben lévő szerves és szervesetlen eredetű szuszpendált részecskék befolyása következtében.

Belátható, hogy ha az egyik vagy másik tápanyaggal a rétet jobban trágyázzuk, mint ahogy azt a növények szükséglete megkívánja, akkor ez pazarlás. Ha a növények számára szükséges 1488 font K-oxidhoz 1000 font foszforsavat adnánk 864 font helyett, és 4000 font ammóniát 2064 font helyett, akkor ezek a többletek a termést csak kevéssé emelnék meg (lásd a minimum törvényt). Ha most a növények igényével összehasonlítjuk a londoni szennyvíz összetételét, akkor 1488 font K-

oxidra 1323 font foszforsav és 6735 font ammónia jut, azaz 459 fonttal több foszforsav és 4671 fonttal több ammónia, mint ami a réti széna tápelem-arányaiból adódik.

A szennyvízben tehát a K, amiből a fűféléknek a legnagyobb a szükségletük, a legkisebb mennyiségben van jelen. A többi tápanyag azonban erre a célra elég. Ha a 728 767 tonna napi londoni szennyvízben 17 tonna K-oxid található, akkor ehhez 9.8 tonna foszforsav és 23.5 tonna ammónia elegendő lenne, hogy 25 acre homoktalajt a fent leírt adottságokkal rendelkező rétté változtasson át. Ennek a trágyának a kereskedelmi értéke:

17 tonna kálium-oxid (á 35 font st. 10 s.)	603 font st. 10 s.
9.8 tonna foszforsav (á 15 font st.)	147 font st.
23.5 tonna ammónia (á 62 font st.)	1457 font st.
Összesen	2207 font st. 10 s.

1 t szennyvíz ára a rét- és legelőgazdaságoknál 2.8 Farthing (krajcár, penny 1/4-e kb.), tehát 3/8-a annak, mint amit fentebb az igazi értékeként kiszámítottunk. Ennek az árkülönbözetnek oka az a foszforsav és ammónia fölösleg, amely a szennyvízben ugyan benne van, de a fűfélék nem hasznosítják s ezért nem is fizetik ki.

Mérleg tételei	Ammónia	Foszforsav	Kálium-oxid
A szennyvízben adott	75.0	15.0	17
A réti füvek felvesznek	25.0	9.8	17
Egyenleg (felesleg)	50.0	5.2	0

Ha a gazda 10 tonna szennyvízért 7 pennyt fizetne, akkor 1/3-dal többet adna ki, mint ami a legelőgazdaságának megfelelő érték. Annál inkább, mert a réti növények nitrogénszükségletük nem jelentéktelen részét az atmoszférából nyerik és ezért a teljes visszapótlás nem szükséges. A londoni szennyvízzel 1 év alatt 9125 acre, vagy 800 nap alatt 20 000 acre homoktalajt lehetne rétté változtatni. A 10 tonnánkénti 7 pennys áron a költségek acre-enként 88 font sterlinget tennének ki, ami 20 000 acre-re számítva 1 760 000 font sterlinget je-lent. Ilyen árért senki sem bocsátkozna ilyen vállalkozásba. Ahol a szennyvizet minden különösebb nehézség nélkül lehet alkalmazni, ott ennek vitathatatlan előnye van. De ha nagy tőkére van szükség ahhoz, hogy a talajt előzőleg alkalmassá tegyék a szennyvízzel való trágyázásra, akkor a vállalkozók nem nyernének semmit. Még akkor sem, ha 1 tonna szennyvízért az alkalmazás helyén 1/4 pennyt kérnének, vagy kezdetben egyáltalán semmit.

Már említettük, hogy 20 ezer acre homoktalajt londoni szennyvízzel locsolva 800 nap alatt termékeny, évente 4 tonna szénát hozó rétté lehetne változtatni. Világos, hogy a későbbiekben annyi szennyvizet kell adni, amennyi a szénatermés

általi veszteséget pótolja, ami az eredeti adag 1/12 része, vagy 2430 tonna per acre. Ha a K-tartalmat vesszük alapul, akkor a helyreállított 20 ezer acre rét trágyázásához évente 48.6 millió t szükséges, a Londonban keletkező 266 millió t szennyvízből tehát 217 millió t évente feleslegben maradna! Az 1.5 - 2 t szénatermésű rét hozama már 1225 t szennyvízzel is megduplázható lenne, ha a talaj a 4 t szénához szükséges K felét (62 font) szolgáltatni tudná. Amennyiben csak a N-t kellene pótolni, 400-500 t szennyvíz tenné lehetővé ugyanekkora szénatermés elérését. Ez a hozam azonban nem lenne tartós.

Ha a trágyázást ilyen kis szennyvíz mennyiségekkel folytatnánk, akkor a talaj kálium és foszforsav készlete állandóan csökkenne. Elérkezne az az idő, ami-kor a szennyvíz mennyiségét folyamatosan növelni kellene, s a végén ismét 2430 tonna felhasználásával kapnánk a 4 tonna szénát. Ebből következik, hogy a szennyvíz trágyaértékére vonatkozóan nem lehet abszolút következtetést levonni. Kis adaggal is elérhető nagy szénatermés, ill. nagyobb adag után a rét leromolhat, mivel a fű mennyiségére és minőségére igen kedvezőtlenül hat. A szennyvíz teljes értéke, valamint egyes alkotórészeinek értéke is csak akkor jut érvényre, ha jó minőségű termőtalajon helyesen alkalmazzák. Elegendő, ha az istállótrágyához azokat a tápanyagokat adják hozzá, amelyeket a gazda által eladott gabona és az állatok takarmánya kivont a talajból. A szalma alkotóelemei a gazdaságban maradnak és ezeket nem kell pótolni. Peru-guanó és foszfátok alkalmazásakor azonban csak egy része kerül vissza a talajból kivont tápanyagoknak. Ha viszont a gazda szennyvízzel végzi a trágyázást, akkor módjában áll a foszfátok hozzáadásával teljes tápanyag-utánpótlást biztosítani. Így azon minimumban levő tápanyagok mennyiségét növeli, melyek lehetővé teszik a nagyobb és állandó nagyságú termés betakarítását. A szennyvíz mint ammóniaforrás igen nagy értéket jelent-het, ha a Peru-guanó készletek kimerülöben lesznek.

Mennyi foszfátot igényelhet a szennyvíz? A következő példa azt a célt szolgálja, hogy a számítás módját bemutassa. Ha London egynapi szennyvizéhez 75 tonna foszforsavat adnánk, akkor olyan keveréket nyernénk, amely ammónia, kálium és foszforsav tartalma alapján 2650 tonna istállótrágyának plusz 652.5 tonna Peru-guanónak felelne meg.

Trágyaszerek elnevezése	Ammónia	Foszforsav	Kálium-oxid
1 napi szennyvízben	75	15	17
Hozzáadott szuperfoszfátban	-	75	-
Összesen	75	90	17
2650 tonna istállótrágyában	19.5	11.8	13.1
652 tonna guanóban	55.5	78.2	3.9
Összesen, tonna	75	90	17

A fentiek alapján a városok csatornázásának bevezetése révén keletkező szennyvíz értékét meg tudjuk ítélni. Természetesen a szennyvíz általános és hasz-

not hajtó alkalmazásához az is szükséges, hogy oda vezessék, ahol mezőgazdasági szempontból közvetlenül felhasználható, ti. a sík területre. Ugyanis csak ilyen módon lehet az egészségügyi előírásoknak és a mezőgazdaság követelményeinek célszerű módon eleget tenni.

Előreláthatóan a beruházások összege riasztóan nagy lesz de elkerülhetetlen, mert a jelen állapot a nemzeti vagyon helyrehozhatatlan és növekvő veszteségéhez vezet. Ezek a veszteségek egyre kisebb esélyt adnak arra, hogy a mezőgazdaságnak valaha is segítségére lehessen sietni. Az áldozat, amit a nemzetnek e célokért vállalnia kell, bizonyosan sokkal kisebb, mint amit Hollandia magára vállal gátjait fenntartva, hogy az országot a tenger hullámaintól megvédje. A különbség a két veszély között ami a lakosságot és a mezőgazdaságot fenyegeti, csak azok közeli ill. távoli voltában van. Kisebbségnek tűnik, ami távoli. Tekintetbe kell venni azonban, hogy a veszélyhelyzet attól nem szűnik meg létezni, mert a távolban van. Sőt az a tény, hogy naponta közeledik és a veszély ezzel arányosan nő, elég okot ad a mielőbbi cselekvésre.

A növények táplálkozásának kémiai folyamata

A könyv tárgya

A szerves kémia feladata az élet kémiai feltételeinek és az élő szervezet fejlődésének kutatása. Valamennyi élőlény létezése tápanyagok felvételéhez kapcsolódik, melyeket a szervezet saját felépítésére és fenntartására használ. Az életfeltételek ismerete tehát magában foglalja a tápanyagok vizsgálatát, eredetét és átalakulásukat asszimilációjuk során. A növényi szervezet alapul szolgál az ember és az állat fennmaradásához. A növényi táplálkozás kiinduló forrása ugyanakkor kizárólag a szervetlen természet. E mű tárgya a növénytáplálkozás kémiai folyamatainak, valamint a földművelés természeti törvényeinek vizsgálata. Az első rész a növények tápanyagain, valamint azok élő szervezetben való átalakításait elemzi. Foglalkozunk a növények olyan fő alkotóelemeivel mint a C, N, H, O és S. Taglaljuk a növények életfunkcióit és az állati szervezetek, valamint más természeti jelenségek közötti kapcsolatokat is. A második részben azokat a természeti törvényeket tárgyaljuk, melyek a szántóföldek megművelésével és trágyázásával kapcsolatosak.

A növények fő alkotórészei

A szén és a hidrogén minden növény alkotóeleme. A növényi szervezet fő tömegét a szén és a víz elemei adják olyan arányban, mint amilyenben ezeket az elemeket a víz is tartalmazza. Ide tartozik a farost, a keményítőt, a cukor és a növényi gumi vagy mézga. A széntartalmú vegyületek (szerves vegyületek) másikkal

csoportja a víz alkotóelemein kívül még bizonyos mennyiségű oxigént is tartalmaz. Ebbe a csoportba tartoznak, kevés kivétellel, a növényekben előforduló szerves savak.

Egy harmadik csoport a szénnek hidrogénnel alkotott vegyületeiből áll. Ezek vagy nem tartalmaznak oxigént, vagy csak kisebb mennyiségben tartalmazzák, mint a víz. Tehát olyan szénvegyületeknek tekinthetők, melyekben a szén a vízzel és még egy bizonyos mennyiségű hidrogénnel kapcsolódott össze. Ebbe a csoportba tartoznak az illó és nem illó (zsíros) olajok, a viasz, a gyanták. Közülük néhány a savhoz hasonló szerepet játszik. A szerves savak valamennyi növényi nedv alkotóelemei és kevés kivétellel szervesetlen bázisokhoz, fémoxidokhoz kötődnek. Utóbbiak egyetlen növényből sem hiányoznak és a növények elhamvasztása után a hamuban maradnak vissza. A nitrogén a növényekben savak, indifferens anyagok és sajátos vegyületek (szerves bázisok) alakjában van jelen. Kivétel nélkül valamennyi mag tartalmaz nitrogénvegyületeket. Súlyarányát tekintve a nitrogén csak kis részét képezi a növény tömegének, de nem hiányzik egyetlen növényből vagy növényi részből sem. Ha egy szervnek nem képezi alkotóelemét, akkor minden körülmények között megtalálható a szerv nedveiben.

A magvakból és a növényi nedvből sohasem hiányzó nitrogénvegyületekhez mindig kapcsolódik bizonyos mennyiségű kén. Némely növényfajták magvai, nedvei vagy egyes szervei a vízzel történő desztilláció útján sajátos illóolajszerű vegyületeket szolgáltatnak, melyek mindenekelőtt jelentős kén- és nitrogénbőségükben különböznek a többi vegyülettől. A torma és a mustár magjának illóolaja a kénvegyületek e csoportjába tartozik. Valamennyi növényi alkotórész besorolható a N-tartalmú, vagy a N-mentes vegyületek csoportjába. A N-mentes vegyületek között vannak oxigéntartalmúak (keményítőliszt, farost stb.) és oxigénmentesek (terpentinolaj, citromolaj stb.). A N-nel bíró növényi anyagokat három alcsoportba oszthatjuk: S-t és O-t tartalmazókra (minden mag), O-mentes de S-t tartalmazókra (a mustárolaj) és S-mentesekre (a szerves bázisok stb.). A növény fejlődése ennek a taglalásnak az alapján C-tartalmú, N-tartalmú és S-tartalmú vegyületek jelenlététől függ. Ezenkívül a növénynek szüksége van vízre és a vizet képző elemekre. Úgyszintén talajra, mely a nélkülözhetetlen szervesetlen anyagokat adja.

A szén eredete és asszimilációja

A legtermékenyebb talajból felvett elemek tömege is csak kis részét képezi a növény súlyának. (De Saussure, Recherches sur la végétation. Német kiadás: Voigt, Leipzig, Reclam, 249. old.). Némely élettanos és a gazdák szerint a *humusz* a fő tápanyag, amit a növények a talajból felvesznek. Jelenlétét a talajtermékenység legfontosabb feltételének tartották. Ez a humusz a növények és növényi részek rothadásának és bomlásának terméke. A kémia egy barna, vízben kevésbé, lúgokban könnyebben oldható anyagot nevez humusznak, mely savak és lúgok hatására nyerhető. Ennek a humusznak külső megjelenése és különböző (kémiai)

viselkedése alapján eltérő neveket adtak. A vegyészek a humuszanyagok különféle módoszatait ulminnak, humuszsavnak, humusz-szénnek, huminnak hívják. Előállíthatók, ha a tőzeget, farostot, kályhakormot vagy barnaszénét lúggal kezeljük, a cukrot, keményítőt, tejcukrot savakkal elegyítjük, vagy ha a csersav, galluszsav lúgos oldatai a levegővel érintkeznek. Humuszsavnak hívjuk a humusznak lúgokban oldható, míg huminnak a humusz-szénnek lúgokban oldhatatlan változatát.

Elnevezésük alapján azonos összetételre gondolhatnánk, azonban alkotórészeik súlyarányát tekintve távolabb állnak egymástól, mint a cukor, az ecetsav és a kolofónium (gyanta). A gyaluforgácsból K-hidroxiddal előállított humuszsav Peligot analízise szerint 72 % C-t tartalmaz, a tőzezből és barnaszénből nyert humuszsav Sprengel elemzése szerint 58 %-ot, a cukorból hígított kénsavval előállított humuszsav Malaguti szerint 57 % C-t, a cukorból és keményítőből sósavval nyert humuszsav olyan arányban tartalmazza a H-t és az O-t, mint a víz. Sprengel analízisében kevesebb H van a humusz-savban. Peligot vizsgálataiban viszont 14 egyenértéksúlynyi H-re 6 egyenértéksúlynyi O esik, tehát 8 egyenértéksúlytal több H, mint ami a vízben lévő H és O arányának megfelelne.

Az elkorhadt nyírfa, a tőzeg vagy a televény vízzel és alkohollal történő extrakciója után barna színű, szilárd anyag marad vissza, melyből lúggal humuszsavat lehet kinyerni. Ez a humuszsav szénen és a víz alkotóelemein kívül még bizonyos mennyiségű ammóniát is tart megkötve (Mulder, Hermann). Eddig a kémikusok a szerves vegyületek barna vagy barnásfekete színű bomlástermékeit humuszsav vagy humin névvel illették aszerint, hogy lúgban oldódtak-e, vagy sem. Valójában ezeknek a termékeknek összetételüket és keletkezésüket tekintve a legcsekélyebb közülük sincs egymáshoz. Semmi okunk azt hinni, hogy ezen bomlástermékek egyike vagy másika a természetben létezik, annak ellenére, hogy külső megjelenésük és tulajdonságaik a televény növényi alkotóelemeire emlékeztetnek. Sőt az sem bizonyított, hogy egyáltalán a növények tápanyagául szolgálhatnak. Növényeken magasabbrendű, klorofilltartalmú zöld növényeket értünk.

Az a vélemény, miszerint a humuszt a növények gyökerei felveszik és széntartalmát átalakulás nélkül táplálékként felhasználják, nem áll természettudományos alapon. Annak ellenére, hogy a humuszosabb talajok általában termékenyebbek. A humusz abban a formában, ahogy a talajban előfordul, a növények táplálásához nem járul hozzá. A következőkben a humuszból feltételezzük, hogy mindazon tulajdonságokkal rendelkezik, melyeket a vegyészek a mesterséges barnásfekete csapadékoknál megfigyeltek, ill. a televény vagy a tőzeg lúgos forrással nyert kivonatának savakkal történő kicsapásával kaptak és humusz-savnak nevezték. A humuszsav frissen lecsapva pelyhes csapadék. Egy része 18 °C-on 2500 rész vízben oldódik. Alkáli fémekkel, Ca-mal és Mg-oxiddal vegyületeket képez. Halmazállapotánál fogva a víz segítségével válhat felvehetővé. A vegyészek szerint azonban a humuszsav csak frissen lecsapott állapotban oldható és ezt az oldhatóságát teljesen elveszti, ha a levegőn megszárad. Továbbá teljesen oldhatatlan lesz, ha a benne lévő víz megfagy (Sprengel). A téli hideg és a nyári meleg tehát

megfosztja a humuszsavat az oldhatóságától és így az asszimilálhatóságától. Ilyen állapotban nem juthat be a növényekbe.

Ennek a megfigyelésnek a helyességéről könnyen meggyőződhetünk, ha jó minőségű szántót vagy televényföldet hideg vízzel kezelünk. A hideg víz ugyanis nem von ki a földből még ezredrésnyi oldható szerves anyagot sem. A folyadék nem barna, hanem átlátszó, tiszta és szintelen marad. Berzelius is azt találta, hogy az elkorhadt tölgyfából (melynek fő alkotórésze a humuszsav) az oldható anyagoknak hideg vízben csak nyomai jelennek meg. Ezt a megfigyelést az elrothadt bükk- és fenyőfára vonatkozóan én is meg tudom erősíteni.

Mivel a humuszsav ebben az oldhatatlan állapotában nem szolgálhat a növények táplálékául, a növényfiziológusok feltételezték, hogy a növényi hamu alkálifémei és alkáliföldfémei az oldhatóságot és ezzel az asszimilálhatóságot növelik. A humuszanyagok ugyanis jelentős mennyiségű alkálifémet és alkáliföldfémet képesek abszorbeálni, azaz vízben oldhatatlan állapotba átvinni. Így pl. 1 liter (324 g) légszáraz schleissheimi tőzeg 7.892 g K-ot és 4.169 g ammóniát abszorbeált. Ezzel a tőzeg humuszsava nem válik vízdoldhatóvá, viszont a tőzeg elveszti ama képességét, hogy a növények számára talajként szolgálhasson. Münchenben végzett kísérletekben nem sikerült a lúgos anyagokkal telített tőzegeken vagy másféle talajokon (még akkor sem, ha az összes többi feltétel biztosítva volt) növényeket nevelni. Az ilyen közeg a növényekre úgy hat mint a mérge, humuszsavoldata lúgos és barna színű. Valamennyi eddigi megfigyelés azt mutatja, hogy a gyökérsejtek membránjai számára átjárhatatlanok ezek a színes anyagok. Ehhez járul még, hogy a gyökér sejtjeiben lévő nedvnek stabilan savanyú a kémhatása, szabad savat tartalmaz, mely a gyökerek sejtmembránjait átítatja. Így a humuszsavas sók (melyek sav hatására humuszsav kiválása mellett elbomlanak) a gyökérsejtekbe nem tudnak bejutni, illetve onnan továbbjutni. Az alkálifémek és alkáliföldfémek viszont felvehetők, ha a gyökérnedvben lévő savakkal oldható vegyületeket képeznek.

Más megfontolások is határozottan cáfolják a humuszsav hatásáról fent említett nézetet. A földek ugyanis fa, széna, gabona és más kultúrnövények alakjában termelnek szenet, melynek tömege rendkívül változó. Egy 2500 m² közepes minőségű talajú erdőben 2650 font légszáraz fenyő, nyír stb. faanyag keletkezik. Ugyanezen a felületen átlagosan 2500 font széna terem meg. Azonos nagyságú gabonatermő területen 18-20 ezer font takarmányrépát lehet betakarítani, illetve 800 font rozsszem és 1780 font szalma terem meg, azaz összesen 2580 font. 100 rész légszáraz fenyőfa 38 rész C-t tartalmaz, a fent említett 2650 font fatömeg tehát 1007 fontot. Will szerint 100 rész légszáraz széna 40.73 rész C-t tartalmaz, tehát a fenti 2500 font széna 1018 fontot. A takarmányrépa 89 rész vízből és 11 rész szárazanyagból áll. Az utóbbi 40 %-a C. Eszerint 20 000 font répában, a levelek szénttartalmát nem számítva 880 font C van. 100 font lég-száraz szalmában 38 % a C, 1780 font szalma tehát 676 font C-t tartalmaz. 100 rész gabonában 46 rész a C, 800 fontban tehát 368 font. A kettő együtt 1044 font C-t tesz ki. Összefoglalva a következő eredményt kapjuk:

2500 m ² erdőből származik	1007 font szén
2500 m ² rétből származik	1018 font szén
2500 m ² szántóföldről (répalevél nélkül) származik	880 font szén
2500 m ² szántóföldről (gabona) származik	1044 font szén

A növényi szénhozam közelálló az eltérő hasznosítás ellenére. Honnan veszi a réten növő fű vagy az erdőben növő fa a C-tartalmát, ha tápanyagként nem adtunk szenet? Hogyan lehetséges, hogy a talaj humusz- ill. C-tartalma eközben nem csökken, inkább évente még nő is? Pedig évente elviszünk az erdőből illetve a rétről bizonyos mennyiségű szenet széna és fa alakjában. A szántókat trágyázva pótoljuk a levelekkel, szalmával, szemmel és egyéb terméssel elvitt C-t. Ez a talaj mégsem akumulál több C-t, mint az erdő és a rét talaja, melynek soha nem adunk semmit. Elképzelhető, hogy a növényi táplálkozás törvényei a földművelés által megváltoznak? A gabonafélék és a takarmánynövények számára más C-források léteznek, mint a réten növő fű vagy az erdőben növő fa számára? Számos direkt kísérletet végeztek humuszmentes, sőt szerves alkotórészekről mentes talajokban ill. tápoldatokban. Ezek eredménye azt mutatta, hogy a növények képesek élni és igen nagy mennyiségű szerves anyagot termelni anélkül, hogy gyökereik C-tartalmú szerves anyagot kapnának.

Wiegmann és Polstorf, Salm-Horstmar, Boussingault, Henneberg, Knop, Stohmann, Nobbe és mások kísérletei bizonyítják, hogy az atmoszféra szolgál növényi C-forrással. A C-forrás problematikája egyben a humusz eredetét is magában foglalja. A humusz növények és növényi részek bomlása következtében jön létre. Nem létezhet tehát őstelevény ill. őshumusz, mert a humusz előtt voltak a növények. Milyen alakban van jelen a C az atmoszférában? Miképpen zajlik a C-asszimiláció, amely az élővilág fennmaradását a végtelen időig biztosíthatja? Az egyik kérdés a levegő változatlan O-tartalmára vonatkozik. Mindenütt és minden évszakban 21 térfogat % O-t találtak a levegőben. Ezt az értéket olyan kis eltérésekkel határozták meg, hogy az eltérések megfigyelési hibáknak tekinthetők. Bármilyen nagy is a levegő O-tartalma, mennyisége mégsem korlátlan, hanem kimeríthető.

Egy ember 24 óra alatt 57.2 hesseni köbláb (1 hesseni köbláb = 15.625 liter) O-t fogyaszt el lélegzéssel. A 10 centner C elégetésekor 58 112 köbláb O használandó el. Egyetlen vaskohó többszáz millió köblábnyi, egy olyan kis város, mint Giessen a tüzeléshez felhasznált fához több mint 1000 millió köblábnyi O-t von el az atmoszférából. Hogyan lehetséges, hogy a levegő O-tartalma nem csökken? Az 1800 évvel ezelőtt Pompejiben korszokba bezárt és eltemetett levegő sem tartalmaz többet, mint manapság. Hogyan lehet az, hogy az O-tartalom sohasem változik? Ha az atmoszféra sűrűsége mindenütt akkora lenne, mint a tengerszinten, akkor 24 555 láb magasságú lenne. Mivel a vízgőz is bennefoglaltatik, így a magasságát 1 földrajzi mérföldnek = 22 843 lábnak vehetjük. A Föld sugara = 860 földrajzi mérföld, így az atmoszféra térfogata 9 307 500, az O térfogata 1 954 578, a szén-

sav térfogata 3862.7 köbméter. Egy ember napi O_2 felhasználása 45 000 köbméter, ez egy évben 9505.2 köbméter. Az 1000 millió ember pedig 9 billió ötszázötzezer kétszáz millió köbmétert fogyaszt.

Túlzás nélkül feltételezhetjük, hogy az állatok, valamint a bomlási és égési folyamatok kétszer ennyit használnak el. Ebből következik, hogy évente 2 392 355, azaz kerekén 2.4 millió köbméter oxigén fogy. Így 8-szor 100 000 év elteltével az atmoszféra az O -ból már nyomokat sem tartalmazna, de hiánya már jóval előbb gátolná a légzést és az égést. A 8 %-os határon megszűnne az állati élet és az égés is. Ezzel összefüggésben felmerül, hogy hová kerül az a szén-sav, amely az állatok légzésekor és az égési folyamatokban keletkezik? Egy köbméter O , mely szén-savval egyesül, nem változtatja meg a térfogatát. A billiónyi köbméter elfogyasztott O -ból ugyanannyi billió köbméter szén-sav keletkezik és az atmoszférába kerül. De Saussure hároméves egzakta mérései szerint a levegő valamennyi évszak átlagában 0.000415 térfogatrész szén-savat tartalmaz.

A szén-sav tömege kb. a levegő 1 ezrelékét jelenti és az évszakok szerint változik. Mennyisége évezredekkel ezelőtt sokkal nagyobb volt mint ma, annak ellenére, hogy a légzés és az égés állandóan termeli. Valahol tehát a szén-sav elnyelődik, míg az O újratermelődik és az égés/bomlás, valamint a légzés során elhasznált levegő regenerálódik. A két folyamatot a növényi élettevékenység köti össze. A növények C -tartalma kizárólag az atmoszférából származik, ahol a szén-sav alakjában, azaz az O -nel alkotott vegyület formájában van jelen. A növényi anyagok fő alkotórészei szénből és a víz alkotóelemeiből állnak, összességükben azonban kevesebb O -t tartalmaznak, mint a szén-sav. A növények a szén-savból felveszik a C -t, azaz a szén-savat elbontják, a C -t az O -tól elválasztják. Miután a C a vízzel vagy annak elemeivel egyesül, az O visszajut az atmo-szférába. Minden térfogatnyi szén-sav helyett, amelynek C -tartalma a növény alkotórészevé válik, egy térfogatnyi O -nek kell az atmoszférába belépnie. A növényeknek ezt a rendkívüli asszimilációs képességét számtalan megfigyelés igazolta és mindenki egyszerűen ellenőrizheti.

A zöld növényi rész szén-savas gázt vesz fel és fény hatása alatt azonos térfogatmennyiségű oxigént ad le. Ha a levágott zöld növényi részeket szén-savat tartalmazó vízbe helyezzük és napfénynek tesszük ki, akkor egy idő múlva a szén-sav teljesen eltűnik. Ha a kísérletet vízzel megtöltött üvegharang alatt véghezvesszük, akkor a keletkezett O -t össze lehet gyűjteni és megemelni. Amikor az O -gáz képződése abbamarad, akkor a vízben oldott szén-sav is elfogyott. Ha ismét szén-savat vezetünk a vízbe, akkor a folyamat újból megindul. Szén-savmentes vagy karbonátos vízben a növények nem képesek O -t fejleszteni. Ezt először Priestley és Sennebier figyelték meg, majd egy sor kísérlettel De Saussure igazolta, hogy az O kibocsátásával és a szén-sav elbontásával a növény súlya gyarapodik. A súlygyarapodás nagyobb, mint ami a felvett szén-savnak megfelelne. Ez tökéletesen alátámasztja azt az elképzelést, hogy a szén-savval egyidőben a víz alkotóelemei is asszimilálódnak. A növényi és állati élet egybefonódik.

Gazdag, dús vegetáció elképzelhető állati élet nélkül is, de fordítva nem. A növény nemcsak táplálja az állatot, hanem eltávolítja az állati szervezet létezésére nézve káros anyagokat a környezetből. Egyedül a növény képes az atmoszférát O-nal ellátni. Az állatok szénét lélegeznek ki, s a növények ezt belélegzik, miközben a levegő összetétele nem változhat meg. Vajon a levegő csekély szénvastartalma, mely súlyra számítva csak ezreléket tesz ki, elegendő-e arra, hogy a földi növényvilág szükségletét kielégítse? Lehetséges-e, hogy ez a szénmennyiség a levegőből származik?

Valamennyi kérdés közül ezt lehet a legkönnyebben megválaszolni. Tudjuk, hogy a Föld felületének minden hesseni négyzetlátnyi területére (1 hesseni láb = 250 mm) 1295 hesseni font súlyú (1 hesseni font = 500 g) levegőoszlop nehezedik. Ismerjük a Föld átmérőjét és ezzel a Föld felszínének nagyságát is, így az atmoszféra súlyát ki lehet számítani. Ennek a súlynak az ezredrésze szén, mely több mint 27 % szénét tartalmaz. Az atmoszféra C-készlete tehát 2800 billió font. Ez a mennyiség meghaladja a Földön található valamennyi növény, valamint az összes ismert kőszén- és barnaszénkészlet összsúlyát. Ez a szénmennyiség tehát több mint elegendő a szükséglet fedezésére. A tengervíz széntartalma sem elhanyagolható. Tételezzük fel, hogy a levelek és zöld növényi részek szén-sav-abszorbeáló felülete kétszer akkora, mint a talajé. Ez az erdők, rétek és a gabonatermelésre használt földek esetében, melyek a legtöbb szén termelik, messze az igazán aktív felület nagysága alatt van. Tételezzük fel továbbá, hogy egy holdnyi földterület felett elhelyezkedő 2 láb magas levegőrétegből, azaz 80 000 köblátnyi levegőből másodpercenként, napi 8 órán át, a levegő térfogatának 0,00067-szerese, ill. súlyának 1/1000 része távozik szén-sav alakjában. A növényzet itt 200 nap alatt 1000 font szénét asszimilálhat.

A növény élettevékenysége nem szakad meg, a gyökerek és valamennyi növényi rész állandóan vizet vesz fel és szén-savat lélegez be. Ez a képesség a napfénytől független. A szén-sav az éjszaka folyamán felhalmozódik, majd fény hatására elbomlik és a növény a szénét asszimilálja, valamint az O-t kilélegzi. Csak attól a pillanattól kezdve színeződik el a csíra csúcsától lefelé, amikor kitör a talajból és ezzel megindul a tulajdonképpeni faképződés. Az atmoszféra levegője állandó mozgásban van mind vízszintes, mind függőleges irányban. Ugyanazt a helyet felváltva veszi körül olyan levegő, mely a sarkok felől, vagy az egyenlítő felől jön. Az igen gyenge szél is óránként 6 mérföldet tesz meg. Így kevesebb mint 8 nap alatt akkora távolságot szel át, mint amekkora bennünket a trópusoktól vagy a sarkoktól elválaszt. Télen a hideg és a mérsékelt zónák növényvilága nem képes az égési és lélegzési folyamatokkal elhasznált O-t pótolni. Azok a tájak látnak el bennünket O-nal, ahol a vegetáció teljes aktivitásban van. Ugyanaz a légáram, mely a Föld felmelegedése következtében az egyenlítőtől a sarkok felé mozog és útját a különböző szélességi fokok eltérő forgási sebessége határozza meg, hozzánk szállítja az ott előállított oxigént és magával viszi a mi teleink széndioxidját.

Példaképpen lássuk, mennyi szén-savat lehet a levegőből kivonni? Egy 105 m² felületű (a falakat és a mennyezetet összevonva) kis szoba meszelésekor 4 nap alatt

hatszor meszelnek mésztejjel. Eközben szénsavas-mész bevonat képződik, melyhez a szénsavat a levegő szolgáltatja. 1 dm^2 felületen 0.732 g szénsavas mész keletkezik, 105 m^2 felületen tehát 7686 g , melyből 4325.6 g a szénsav. Ha 1 cm^3 szénsav súlyát 2 g -nak vesszük (valójában 1.97978 g), akkor a fenti felület 2.193 m^3 szénsavat köt meg 4 nap alatt. A fenti becslést alkalmazva 2500 m^2 felületű német hold 4 nap alatt 51.5 m^3 szénsavat abszorbeál. Ez 200 nap alatt $2575 \text{ m}^3 = 164\,800$ köbláb $= 10\,300$ font szénsav $= 2997$ font szenet jelent, mely kb. három-szor annyi, mint amit az itt fejlődő levelek és gyökerek valóban asszimilálnak. De Saussure kísérletei kimutatták, hogy a felső levegőrétégben több a szénsav, mint az alsó, növényekkel érintkezőben, ill. éjjel több, mint nappal. (Ugyanezt figyelték meg a Schlagintweit testvérek). A levegő vízszintes irányú mozgása ugyanannyi O-t hoz felénk, mint amennyit elszállít tőlünk. A vertikális irányú légcsera a hőmérséklet kiegyenlítődése következtében elenyészően kicsi a szelekkel végbe-menő légcseréhez hasonlítva. A növénytakaró O termelésével javítja az egyes vidékek egészségi állapotát, megszűnésével egyes, különben egészséges vidékek lakhatatlanná váltak.

A barnaszén-, kőszén- és tőzegtelepek végtelenül gazdag, már évezredekkel korábban elsüllyedt vegetáció maradványai. Ez a szén az atmoszférából származik, tehát a mai légkör gazdagabb O-ben, mint az őskori. A többlet O annyi szénsav térfogatot jelent, amennyi az őskori növényeknek a táplálására szolgált. Azzal a szénnel és vízzel kell mennyiségileg azonosnak lennie, amit ma növényi maradványok formájában lerakódva találunk. 10 köbláb "splint"-szén (Newcastlei szén, melynek fajsúlya 1.228 , képlete $\text{C}_{24}\text{H}_{26}\text{O}$) lerakódása következtében az atmoszférából több mint 18 ezer köbláb szénsav lett kivonva, ill. eme térfogatnak megfelelő O-nel lett a légkör gazdagabb. Továbbá a víz bontásából eredően még 4480 köbláb O-nel gyarapodott az O-tartalom, s ennek a vízmennyiségnek a H-je benne található a 10 köbláb szénben. Az őskor atmoszférája szegényebb volt ugyan O-ben de gazdagabb szénsavban, ami a buja növényzet létének fő feltétele (Brogniart).

Ennek a mérhetetlenül nagy és kiterjedt növényvilágnak az elsüllyedésével a magasabbrendű állatvilág továbbélésének feltételei teremtdtek meg. Ma azáltal, hogy az égéssel vagy légzéssel keletkező szénsav a vadon termő vagy a kultúrnövények alkotórészté válik, az O-tartalom egyensúlya ismét helyreáll. Az ember megjelenése örök időkre meghatározta az atmoszféra O- és szénsavtartalmának változatlanságát. (Az emberi tevékenység ma már ezt a globális egyensúlyt veszélyezteti. Lásd: üvegházhatás. Szerk.)

Ingenhouss, majd ezt követően De Saussure és Grischow vizsgálataiból kiderült, hogy sötétben a növények valóban O-t vesznek fel és szénsavat adnak le. Sötétben a levegő térfogata csökken. Ebből világos, hogy a felvett O mennyisége nagyobb, mint a leadott szénsavé. Ez tény, de összességében mindez nem vonja kétségbe a növények levegőjavító képességét. Ismeretes, hogy az indifferens N, H és még sok más gáz gyakran káros hatást gyakorol a növényekre. Vajon elképzelhető-e, hogy az agresszívnek ismert O hatástalan? Éjszaka a növényi anyagok

oxidációja figyelhető meg, tisztán kémiai folyamat következtében. Az illóolajokban gazdag növények több O-t vesznek fel, aromás részeik eközben gyantává alakulnak. Hasonlóképpen a csersav- és N-dús növényi anyagok O-igénye is kifejezettebb.

De Saussure szerint míg az *Agave amaricana* húsos, de illat és íz nélküli leveleivel sötétben 24 óra alatt térfogatának 0.3-szeresét veszi fel O alakjában, addig a *Pinus abies* illó, gyantaképződésre alkalmas olajat tartalmazó levelei ennek 10-szeresét, a *Quercus robur* csersavat tartalmazó levelei a 14-szeresét, a *Populus alba* balzsamos levelei pedig a 21-szeresét. Szembetűnő ez a jelenség a *Cotyledon calycina*, a *Cacalia ficoides* és más növények leveleiben. Reggel olyan savanyú ízűek, mint a sóska, dél felé ízetlenek, este keserűek. Éjjel tehát savképző oxidációs folyamat játszódik le, míg napközben és estefelé O-leadás. A sav olyan anyagokká alakul át, melyek a víznek megfelelő arányban tartalmazzák a H-t és az O-t, esetleg kevesebb O-t mutatnak, mint ahogy ez minden keserű anyagban előfordul. A zöld növények különböző idő alatt képesek színüket megváltoztatni. Ebből megközelítően ki lehetne számítani az abszorbeált O mennyiségét. Azok a levelek, melyek tovább tartják meg zöld színüket, kevesebb O-t igényelnek. Pl. az *Ilex aquifolium* levelei színüket kitartóan megőrzik és csupán térfogatuk 0.68-szorosát, míg a jegenye és a bükk színüket gyorsan változtató levelei térfogatuk 8-szorosát ill. 9.5-szeresét veszik fel O alakjában (De Saussure).

A tölgy, a bükk és a magyal (*Ilex aquifolium*) zöld leveleit sötétben légszivattyúval megszáritották, majd vízzel benedvesítve O-gázzal töltött és beosztással ellátott harang alá helyezték. Valamennyi levél a harangban lévő O-gáz térfogatát csökkentette abban az arányban, ahogy színük változott. Ez a térfogatcsökkenés a magasabbrendű oxidok képződésén vagy a növények H-jének oxidációján alapulhat. Nem csupán a zöld levelek tulajdonsága az O-felvétel, a friss faszövet is képes erre. És közömbös, hogy a faszövet ágakból vagy fatörzs belsejéből származik-e. Ha a friss faforgácsot O-harang alá helyezzük, az O térfogata csökken. A levegőn tartott és újra megnedvesített fa a térfogat megváltoztatása nélkül alakítja át az O-t szénsavvá. Tehát a friss fa több O-t vesz fel. Áradásoknál, amikor a folyók kilépnek medrükből és a lakások víz alá kerülnek, a fának ez a tulajdonsága halálos betegségek okozója lehet. A víz visszavonulása után a lakóházak farészei tartósan telítődnek nedvességgel, és ebben az állapotban a fa igazi O-elvonó. A helyiségek levegőjéből (ahol emberek és állatok tartózkodnak) azonban nemcsak O távozik, hanem szénsavas gáz is felhalmozódik. Utóbbi egy adott koncentrációnál (7-8 %) közvetlenül pusztító hatást gyakorol.

Petersen és Schödler 24 különböző fafajta gondos analízise útján bebizonyította, hogy szenet, a víz elemeit és bizonyos hidrogén-felesleget tartalmaznak. A friss tölgyfa pl. 100 °C-on történő szárítás után 49 % C, 6 % H és 44 % O₂ összetételt mutatott. A tölgyfa 1/12-del több H-t tartalmaz, mint ami a víz H/O aránya. A *Pinus larix*, *Abies* és *Picea* 1/7-del, a hársfa (*Tilia europaea*) 1/5-del több H-t tartalmaz. Könnyen belátható, hogy a H-tartalom szoros kapcsolatban áll a fajsúllyal. A könnyű fafajták többet tartalmaznak belőle, mint a nehezek. Az

ébenfa (*Diospyros ebenum*) pontosan a víznek megfelelő arányban tartalmazza a H-t és az O-t.

A fafajták és a tiszta farost összetételében fennálló különbség azon alapszik, hogy H-ben gazdag és O-ben szegény alkotók vannak a gyantában és más anyagokban, amelyek H-tartalma az elemzés folyamán a farost H-jéhez hozzátevéődik. Ha tehát, mint már említettük, az elbomló tölgyfa szenet és a víz elemeit (H-felesleg nélkül) tartalmazza és elbomlása során a levegő térfogatát nem változtatja meg, akkor a bomlási folyamat kezdetekor ennek az aránynak szükségszerűen másnak kellett lennie. Ugyanis a fa H-ben gazdag alkotóelemeiben a H-tartalom csökkent, és ez a csökkenés csak O-abszorpció következtében állhatott elő. Az éjszaka folyamán lejátszódó szénsavleadást az atmoszférából történő O felvételével hozták kapcsolatba. Bár az O felvételekor szénsav keletkezik, a termelődő szénsav legnagyobb részét ilyen oxidációval nem lehet magyarázni. A leveleken ill. a gyökereken keresztül vízzel felvett szénsav a sötétben már nem bomlik el. Oldott állapotban a növényi nedvben marad és a növény vala-mennyi részét átjárja. A talajban mindig van bizonyos mennyiségű nedvesség és szénsav. Utóbbi származhat a levegőből, vagy pedig a növények elbomlásakor keletkezett. Nincs olyan kútvíz, forrásvíz vagy esővíz, mely mentes a szénsavtól. A növény gyökerével mindig képes nedvességet, s azzal együtt levegőt ill. szénsavat felvenni.

A növény az elpárolgó vízzel együtt változatlan állapotban a szénsavat is leadja az atmoszférának, ha a C megkötésének kiváltó oka, tehát a fény hiányzik. A szénsavnak ez a leadása teljesen független az asszimilációtól, tisztán mechanikus folyamat. Ha egy lámpabelet olyan lámpába helyezünk, amelyben szénsavval telített folyadék van, akkor ez a bél éppen úgy viselkedik, mint a növény éjjel. A vizet és a szénsavat a kapillárisokon keresztül felszívja és a bél felszínén mindkettő elpárolog. Boucherie egy nedves helyen álló fa frissen levágott tönkjéből hatalmas szénsav kiáramlást figyelt meg, amelyet nyilvánvalóan a gyökerek a talajból vettek fel. (Dumas, Lecon, 17. old.) A nyirkos és humuszban gazdag talajon élő növények éjszaka több szénsavat adnak le, mint a száraz helyen élők. Eső után szintén többet adnak le, mint száraz időben. Mindezek a hatások megmagyarázzák, hogy miért van annyi ellentmondás a megfigyelésekben. Vannak azonban még más bizonyítékai is annak, hogy a növények több O-t adnak le a levegőnek, mint amennyit belőle felvesznek. Bizonyítékok, melyeket a víz alatt élő növények produkálnak.

A tavak és árkok felületét télen átlátszó jégréteg fedi. Napos időben látható, hogy a vízi növények leveleiről folyamatosan kis légbuborékok válnak le, melyek a jég alatt egyesülnek. Ezek a légbuborékok tiszta O-gázból állnak és térfo-gatukban sem borult napokon, sem éjjel nem lehet csökkenést tapasztalni. Az O abból a szénsavból származik, amely a vízben található és olyan mértékben pótlódik az elhalt növényi részek rothadásával, amilyen mértékben a növények felhasználják. Az éjszakai O-felvétel mennyisége nem lehet több, mint amit a víz feloldva magában tart, mert a gáz alakjában kiválasztott O-t már nem veszik fel a növények. Boussingault kísérletei szerint (Compt. rend. T. LXI. 605. old.) például 1

m² oleanderlevél sötétben óránként csak 0.083 liter O-t vesz fel. H. Davy 4 colnyi négyzet területéről vett gypet porceláncsészébe helyezett, mely széles edényben a szénsavval telített víz felületén úszott. Majd elzárható csappal rendelkező üvegharangot borított fölé és a gypet az üvegharang csapján át időn-ként megnedvesítette. A fű tehát zárt, ismert térfogatú (230 köbcol) levegőben vegetált, mely bizonyos mennyiségű gázalakú szénsavat tartalmazott. Ha fény hatásának tette ki, akkor a harangban lévő gáz térfogata közönséges nappali fény mellett nőtt. Nyolc nap múlva ez a térfogatgyarapodás 30 köbcolt tett ki. Az analízis azt mutatta, hogy a harang alatt lévő levegő 4 %-kal több O-t tartalmazott, mint a külső levegő (Agric. Chem., 5. előadás).

Számos más kutató kísérletei is ugyanerre az eredményre vezettek. A növények a szénsav elbontásával állandóan asszimilálnak nappal C-t, mely jelentősen több, mint amennyit az éjszaka folyamán (az O-felvétel következtében) leadnak. Boussingault vizsgálatai szerint július és augusztus hónapokban az oleander átlagosan 16-szor több szénsavat vesz fel, mint amennyit éjjel O-felvétel közben lead. A növény is igényli azonban az O-t az atmoszférában. Már De Saussure kimutatta, hogy a megvilágított növények szénsavbontása csak O-t tartalmazó közegben játszódik le megfelelő energiával. Minden újabb tapasztalat az O nélkülözhetetlensége mellett szól. O nélkül a növényi sejtekben nem áramlik a plazma, és nem funkcionálnak sem a gyökerek, sem a föld feletti növényi részek.

Boussingault kísérletei azt is bebizonyították, hogy a nagyon híg tiszta szénsavas atmoszférában is végbemegy a szén felvétele. 170 mm-es nyomású szénsav-atmoszférában a fénynek kitett kis babérlevél 1 óra alatt 1 cm³ szénsavat bontott el (Compt. rend. T. LX. 872. old.). Ez nem cáfolja természetesen az O részvételét a növényi életfolyamatokban. Tudjuk, hogy az O a növény életében különleges szerepet játszik, nélküle a szükséges anyagátalakulások nem mennek végbe.

A humusz eredete és viselkedése

A növényi bomlás két lépcsőben történik: erjedéssel vagy rothadással, valamint korhadással. A korhadás lassú elézési folyamat, melynek során az elpusztuló test éghető alkotóelemei a levegő O-jével kapcsolódnak össze. Valamennyi növény fő alkotórészének, a farostnak korhadása sajátos jelenséget mutat. Az O-nel érintkezve ugyanis átalakítja az O-t azonos térfogatú szénsavgázzá. Az O eltűnésével megszűnik a korhadás. Ha ezt a szénsavgázt eltávolítják és helyére O-t juttatnak, akkor a korhadás folyamata újból kezdődik, azaz az O ismét szénsavvá alakul át. A farost korhadása úgy történik, mintha igen magas hőmérsékleten tiszta szén égne el, mintha belőle a víz elemei hiányoznának. A korhadás időigényes és vízigényes is. Lúgos anyagok (alkáliák) elősegítik, savak gátolják, valamennyi antiszeptikus anyag, kénessav, higanyók és ásványi olajok teljesen leállítják a folyamatot. A korhadófélben levő farost az a test, amit humusznak nevezünk.

Ahogy a farost korhadása előrehalad csökken az a képessége, hogy az O-gázt szénsavvá tudja átalakítani. A visszamaradt, elszenesedett szerves anyag a farost bomlásának terméke, mely valamennyi barnaszénteleg és tőzegtelep fő alkotórészét képezi. Ha ez az anyag alkáliákkal, mésszel, ammónium-hidroxiddal kerül érintkezésbe, akkor tovább bomlik. A kielégítően levegőzött talaj humusza lassú, de tartós forrása a szénsavnak. Boussingault a szántóföld levegőjének szénsavtartalmát meghatározva a következő eredményeket kapta (10 000 rész levegőben van):

Atmoszférikus levegőben

4-5 rész szénsav

Ha a levegőt a következő talajokból vesszük:

Frissen trágyázott homoktalaj	217 rész
Ugyanaz közvetlenül eső után	974 rész
Ugyanaz hosszú idővel a trágyázás után	93 rész
Nagyon homokos talaj (szőlő alatt)	106 rész
Homokos talaj sok kővel	87 rész
Ugyanaz, vályog altalaj	46 rész
Homoktalaj hosszú idővel a trágyázás után (spárga alatt)	74 rész
Ugyanaz frissen trágyázva	85 rész
Ugyanaz 8 nappal a trágyázás után	154 rész
Gödör "Fafölddel" (Holzerde)	364 rész
Meszes talaj (kagylós mészes) hosszú idővel a trágyázás után	87 rész
Ugyanaz lucerna alatt	80 rész
Nehéz agyagtalaj (csicsóka alatt)	66 rész
Termékeny nedves talaj (rét alatt)	179 rész

A bomlásban lévő humusz környezetében a levegő O-jét elhasználva szénsavas atmoszféra alakul ki. Műveléssel a talajt fellazítva szabad behatolást biztosítunk a levegőnek, és így a humuszból történő szénsavképződést rendkívüli módon elősegítjük. Nem kétséges azonban, hogy a növények fejlődéséhez és növekedéséhez nincs szükség a talaj szénsavtartalmára. Újabb kísérletek egyenesen cáfolják, hogy a gyökereken keresztül szénsavfelvétel menne végbe. Feltételezik, hogy kizárólag a leveleken keresztül történik ilyen felvétel. Ezek a kísérletek azonban (mint ahogy ezt később be fogjuk bizonyítani) még nem alkalmasak arra, hogy ezt a kérdést kétséget kizáróan eldöntsék. A levelek ill. a zöld növényi részek kialakulása előtt a növények nem képesek a szénsavat asszimilálni. Az első növényi felvevő szervek, tehát az első gyökerek és levelek (leveles szárazak) a magok tartalék tápanyagaiból és a fennmaradó növényi részekből képződnek. Ha már vannak a növénynek levelei, akkor a levegő szénsavtartalma teljesen elegendő a fejlődésben lévő növény számára. A desztillált vízben fejlődő csíranövények például széntartalmuk jelentős gyarapodásával nőhetnek anélkül, hogy gyökereik széntartalmú anyagokkal vagy szénsavval érintkeznének. A szükséges szénsavat tehát kizárólag az atmoszférából, a leveleken keresztül veszik fel.

Bár a növények növekedése úgy is végbemehet, hogy a gyökereknek sem szénssavval, sem szénzet tartalmazó anyaggal nem kell érintkezniük, nem szabad a talaj szénssavtartalmát ill. a gyökereken keresztül történő szénssavfelvételt alábecsülni. Nem tudjuk, hogy az egyes növények növekedését a természet mennyire korlátozza, csak a szokásos méreteiket ismerjük. Értékes ritkaságként lehet Londonban és Amsterdamban olyan tölgyfákat látni, melyeket kínai kertészek neveltek. Ezek magassága másfél láb s törzsük, kérgük, ágaik, sőt egész megjelenésük arra enged következtetni, hogy magas kort értek meg. A kis Teltow-i répa ugyanakkor olyan talajban, ahol korlátlan a tápanyagkínálat, több fontot nyomó "dagi"-vá fejlődik. A növény tömegének gyarapodása azon szervek számával és felületével áll arányban, melyek a növényt táplálják. Azonos felület esetében (pl. két egyednél) a tömeg gyarapodása a tápanyagfelvétel időtartamával arányos. A tűlevelű növények felülete az év legnagyobb részében funkcionálhat, tehát több tápanyagot asszimilálhatnak, mint a lombos fák, melyek ősszel elvesztik leveleiket. A növény minden levéllel egy szájjal és egy gyomorral gazdagabb.

A tápanyagfelvételnek csak a hiány szab határt. Ha a tápelemek bőségekben rendelkezésre állnak, akkor a felvett luxusmennyiség nem kerül vissza a talajba, hanem a növényen belül újabb szervek kifejlődésére szolgál. Ha egy humuszban gazdag talaj állandóan nagy mennyiségű szénssavat szolgáltat, akkor ennek a növény fejlődésére döntő befolyással kell lennie. Feltéve, hogy a szén asszimilálásához a többi feltétel is adott. A már meglévő sejt mellett újabb keletkezik. A meglévő ág és levél mellett új ág és új levél fejlődik ki a tápanyagfelesleg következtében. A szervek számának növekedésével nő az a képesség, hogy tápanyagot vegyenek fel és tömegük is gyarapodjon. A már kifejlett leveleknek csak annyi tápanyagra van szükségük, hogy funkcióikat fenntartsák, az atmoszférikus tápanyagokat felvegyék és a fény hatására asszimilálják. Az asszimilációból eredő termékek már a fa- és gyökértest, a bimbók és magvak létrehozására szolgálnak, ill. tartalék tápanyagként elraktározódnak.

A már kifejlett levelek csupán sejtképző anyagokat termelnek. Saját maguk nem lesznek nagyobbak, súlyuk sem gyarapszik. A müncheni botanikus kertben álló bükkfa (*Fagus sylvatica*) levelei például már négy nappal a rügyezés után elérték normális nagyságukat, és súlyukat a továbbiakban nem változtatták. 1000 db friss levél súlya közvetlenül a rügyezés után az első napon 33, a második napon 73, a harmadik napon 152 g volt. Az 1000 db teljesen kifejlett 4 napos levél súlya 278 g-ot tett ki. Ettől kezdve a bükklevelek nagysága és súlya az egész további növekedési periódus alatt kb. azonos maradt. Július 18-án pl. az 1000 levél 263, október 15-én 272 g-ot nyomott (Zöller).

A levelek gyors súlygyarapodását részben a vízfelvétel segítette elő, csak később kerül előtérbe a szárazanyag-felhalmozás. Az 1000 levél szárazanyag és víz súlya az alábbiak szerint alakult (g):

Összetevők	V.16.	V.17.	V.18.	V.20.	VII.18.	X.15.
Szárazanyag	10	16	33	60	116	118

Víztartalom	23	57	119	218	147	154
Összesen	33	73	152	278	263	272

A vízmolekulák beépítése majd lecserélése szervesanyag-részecskékre figyelmet érdemlő folyamat. Ebből látható, hogy a természet minden rendelkezésre álló eszközt bevet, hogy a teljesítménye mindig maximális legyen. A tölgyfa-levelek szárazanyag-tartalma július 18-ától kezdve változatlan maradt, asszimilációjuk termékei másutt hasznosultak.

A talajban visszahagyott növényi szerves anyagok, mint a gyökérváladékok, a fűfélék, az évelő növények, valamint a gabonafélék és főzelékfélék gyökerei, az ősszel lehulló levelek stb. a levegő és a nedvesség hatására elkorhadnak és humusz képződik belőlük. Tehát olyan anyaggá alakulnak át, amely az új vegetációnak szén-savat képes átadni. A maradványokkal a talaj több szenet kap vissza, mint amennyit a lebomló humusz szén-sav alakjában leadott. A humusz eredetét az atmoszférából kell levezetni, mert a növény nem kimeríti a talaj széntartalmát, hanem létrehozza.

A bomló növényi maradványokban gazdag talajú kertben a kút vize színtelen, kristálytishta, nem tartalmaz humuszsavat, sem pedig humuszsavas sót. Rétjeink forrásainak, patakjainak és folyóinak, valamint a bázisokban gazdag savanyú forrásoknak a vizében nem lehet humuszsavat kimutatni. Mindez azt mutatja, hogy a termékeny kertföldben nincs szabad humuszsav, mely vízben oldva a növényekbe kerülhetne. A növények humusz-táplálkozásának korábbi elmélete téves. A mélyedésben összegyűlt vizek és kútvezek szén-savtartalmából, a vízben oldott bázisokból világosan látható a humusz és az elbomló növényi anyagok vegetációra gyakorolt hatása. Mindezek a vizek eredetileg esővizek voltak, melyek keresztülszivárogva a talajon a humusz bomlásából származó szén-savat felvették. A szén-savas víz már képes arra, hogy a talaj bizonyos ásványait elbontsa és alkotóelemeit oldható, elszállítható és a növényi gyökerek számára felvehető állapotba hozza. A szén-sav tehát igen nagy hatást gyakorol a talaj termékenységeire.

A humusz nem azáltal táplálja a növényt, hogy oldható állapotban asszimilálódik, hanem mint lassú és állandó szén-savforrás a talajtápanyagok oldószerét biztosítja. A talaj szántott rétegének pórusaiból a szén-sav diffúzióval kerül a levegőbe. A növények a talajt beárnyékolják és ezáltal az alul elhelyezkedő, szén-savban gazdagabb levegőréteg kicserélődését lassítják, ill. leveleiken keresztül több szén-savat tudnak felvenni, mint azok a növények, melyek ilyen módon nem asszimilálhatnak. Végül pedig a bomló humusz N-t szabadít fel és állandó N-forrást képez a talajban. Később még látni fogjuk, hogy a növények képesek a gyökereiken keresztül szerves vegyületeket felvenni. Ezt a jelenséget már igen régen tapasztalták és többször megerősítették. Nemrég Reinke rámutatott arra (a bonni Orvosi és Fizikai Társaság 1873. február 17-én tartott ülésén), hogy pl. a *Corallorhiza innata* kis magvaiból kifejlődő klorofillmentes csíranövények, melyek az avar alatt nőnek, igen sok keményítőt tartalmaznak. Ezt nyilvánvalóan a

környezetükben lévő szerves anyagokból kellett előállítaniuk. Amilyen valószínű ez a következtetés, annyira helytelennek tűnik Reinke további állítása, miszerint ez a magasabbrendű növény szénsavsükségletét a humuszból fedezheti. Még akkor is helytelen állítás, ha a humusz alatt valamennyi lehetséges szerves anyagot értjük.

A hidrogén eredete és asszimilációja

A növények alkotórészeiben lévő C a szénsavból származik, a N-mentes anyag H-tartalma pedig a vízből. Egy szénsav-molekula 3 atomból áll, egy C-atomból, míg a másik kettő O-atom: CO_2 = szénsav. A növények valamennyi N-mentes alkotórésze (mint az oxálsav, borkősav, cukor, keményítő, farost stb.) az élő növényben keletkezik a napfény hatására a gyökerek és a levelek által felvett szénsavból. Mégpedig úgy, hogy a szénsavból O lép ki és helyére a vízből bizonyos mennyiségű H lép be. A szőlőcukorban a súlyviszonyok alapján C=6, O=8, H=1. Az O helyettesítése H-nel igen könnyen végbemehet a szénsavban. Ezt már 1861-ben Kolbe és R. Schmitt bebizonyították, amikor szénsavból közvetlenül hangya-savat állítottak elő (Annal. der Chemie, 119. kötet, 253. old.). A szőlőcukor szén tartalmaz. A víz elemeit éppen olyan arányban foglalja magában, ahogy azok a vízben előfordulnak. Hasonló összetételt figyelhetünk meg a cellulózban, a nádcukorban, a gumiban és a liszt keményítőjében.

A cukormolekuláknak sajátos alakjuk van, a cukor kristályosodik a kohéziós erők rendező hatása nyomán. A cellulóz és a keményítő részecskéknél ez módosul, mert felületüket már nem egyenes vonalak és síkok határolják, mint a cukorrészecskéknél, hanem görbe vonalak. A keményítő és a cellulóz a szerves vegyületek sorában magasabb szinten helyezkedik el. Azaz a szénsavtól nagyobb távolságban van, mint a nád- vagy a szőlőcukor, melyek alakjukban a szerves testektől nem különböznek. A keményítőt és a cellulózt közönséges kémiai műveletekkel könnyen át tudjuk alakítani szőlőcukorrá, tehát a magasabbrendű vegyületeket alacsonyabbrendűvé. Fordítva a cukrot nem lehet keményítővé alakítani a növényi szervezetten kívül. Feltehetően a növényben lévő gumi, cellulóz és keményítő a cukorból keletkezik. Mindezek a vegyületek egy sorozat tagjait képezik, amely sorozat a szénsavval kezdődik és többé vagy kevésbé átalakult szénsav molekulákat jelent.

A szőlőcukor és a cellulóz, valamint a nádcukor és a gumi ugyanazon elemeket ugyanazon arányban tartalmazza. Atomjaik azonban más irányban helyezkednek el és ez meghatározza a tulajdonságaikban fennálló különbséget. A szőlőcukorból az életfolyamatok során nádcukor, gumi, keményítő képződhet, mégpedig egy vagy két molekula víz kilépésével. A cellulózból, a keményítőből és a cukorból tökéletesen hiányzik az a kémiai jelleg, ami a szénsav savjellegét adja. De minden növényben, minden növényi nedvben kivétel nélkül találunk egy egész sor olyan vegyületet, melyek a szénsav kémiai jellegét gyengítetlenül hordozzák. Ilyenek pl. az oxálsav, borkősav, az almasav, citromsav, akonitsav stb. Mindegyik vegyület kristályosítható és a szénsavhoz (szerves vegyületek kiindulási és végső termékéhez) sokkal közelebb állnak, mint a cukorhoz. Míg a cukor szénsavat és a

víz elemeit tartalmazza, addig ezek a savak szénsavból, a víz elemeiből, plusz bizonyos mennyiségű oxigénből állnak.

Dr. Drechsel a Kolbe-féle laboratóriumban nemrég bizonyította az oxálsav előállíthatóságát a szénsav dezoxidációja útján. A vízmentesnek gondolt oxálsav nem tartalmaz H-t, míg az összes többi szerves savban megvan ez az elem. A többi szerves savat tehát úgy lehet elképzelni, hogy az oxálsav elemeihez egysze-rűen hozzáadódott a H, vagy az O helyére H lépett be. F. Schulze és Kolbe kísérletei szerint a glikolsav ilyen H-felvétellel képződhet. Az almasav két oxálsav molekula elemeit tartalmazza, melyekből 2 O kivált és 2 H belépett. A víz vagy a víz elemeinek kilépésével az almasav maleinsavvá és fumársavvá, a citromsav akonitsavvá alakul. Sajátságos természetű savakká alakulnak, melyeket almasav-ból és citromsavból közvetlen úton lehet előállítani. Az a savmennyiség, mely 1 egyenérték fémoxiddal semlegesítődik, a sav-egyenérték. Az almasav borkősavból keletkezhet, ha 1 egyenérték O-t elveszít. Amennyiben 3 egyenérték almasav felveszi a 6 egyenérték H-t (6 elbomlott vízatomból), akkor a szőlőcukor összeté-teléhez jutunk. Ezek a szerves savak tehát a cukorral és a keményítővel azonos sorozatot alkotnak, a szénsavból a cukorba történő átmenet egyes láncszemei éppúgy, mint a cukor vagy a gumi a szénsav keményítővé alakulásának termékei.

Az oxálsavtól felfelé a szerves anyagok vízből és szénsavból képződnek az életfolyamatok során. Amikor viszont elbomlanak, a szénsavból és a vízből O lép ki és a víz H-jéből bizonyos mennyiség a szénsavból kilépett O helyére lép be. Minél több O lépett ki és helyére minél több H lépett be, annál jobban távolodik szerkezetét tekintve a szénsavtól. Az O-ben gazdag vegyületek tehát a szénsavhoz közelebb állnak, mint a H-ben gazdagok. Az O-mentes illóolajok, pl. a terpentinolaj, a citromolaj stb. a szerves vegyületek sorában magasabb helyen állnak, mint a zsírsavak és a zsíros olajok.

A növény nedveiben és szerveiben a szerves vegyületek nem véletlenszerűen jöttek létre. Képződésük törvényszerűségeit a növényélettannak és a növényi kémiának kell megállapítani. Még keveset tudunk azokról az összefüggésekről, amelyek a növényekben előforduló vegyületek között fennállnak. Az éretlen gyümölcsökben pl. a savak vannak túlsúlyban, melyek az érési folyamat során eltűnnek. Helyükre cukor, pektin és keményítő kerül. Az éretlen szőlőben borkősavat találunk, a féligérettben almasavat, az érettben már ezt sem. Alkalmam volt bebizonyítani az almasav jelenlétét az érésben lévő szőlő levében. Ugyanakkor Erlenmeyer (Jahresb. f. Chemie, 1866) az éretlen szőlőben jelentős mennyiségű almasav mellett glikolsavat is talált. Viszont az érett szőlőben már nem volt glikolsav. Jelentős mennyiségű glikolsav van Gorup vizsgálatai szerint (Ann. der Chemie, 161. köt. 225. old.) az Ampelopsis hederacea leveleiben is. Ez azonban Gorup egyik újabb közleménye szerint (Sitzungsber. d. Erlanger med.-phys. Soc. 1873) csak a nyár végén gyűjtött levelekre érvényes. A július elején szedett levelekben sem glikolsavat, sem szőlőcukrot nem lehetett találni. A vadszőlő bogyóinak levében nem volt glikolsav, viszont a bogyókban éppúgy mint a levelekben, pirokatechint lehetett kimutatni.

Ezek a vegyületek láthatóan egymás után következnek. Minden bizonnyal a cukorban lévő C-atom előzőleg a borkősav alkotórésze volt. Utóbbi összetétele oxálsavra emlékeztet, amelynek fele része cukorrá alakult. A növény szerves anyagai tehát mind a szénsavból keletkeztek és természetükben attól egyre jobban távolodnak. Összetételük és egymás utáni sorrendjük vitathatatlanul bizo-nyítja, hogy ez az átalakulás közbenső lépcsőkön keresztül folyik. A következő vegyület képződését az előbbi meghatározza. Nem könnyű vitatni a H. Davy által már kimondott nézetet: a szénhidrátok közvetlenül szénsavból és vízből keletkez-nek O kiválása közben. Ez a nézet egyszerűségét tekintve semmi kívánnivalót nem hagy maga után, s így könnyen elfogadták.

A szénhidrátok közvetlen szintézise kapcsán a levelek jelentős szénhidrát-termelő képességét hangsúlyozták. Boussingault valóban megfigyelte a hársfaleveleknél a mézharmat jelenségét. Olyan nagyfokú cukorképződést tapasztalt, hogy például egyetlen júliusi napon kb. 120 m² hárslevél felületről 2-3 kg mézharmat kiválását regisztrálhatta. Zöller azt találta, hogy 100 rész friss zelnice meggy (Prunus padus L.) levél felületén a mézharmat képződése következ-tében 2-3 rész cukor (dextrin, hamu és csekély mennyiségű fehérje tartalommal) vált ki. Ha a leveleket a cukorbevonattól megtisztították, akkor mindig újra-képződtek.

A fentiekkel azonban még nem lehet bizonyítotttnak tekinteni a szénhidrátok közvetlen szintézisét. Mint ahogy Kraus és Famitzin et al. kísérleteivel sem, akik a sötétben tartott növény klorofillt tartalmazó sejtjeiben keményítőszemcsék létrejöttét figyelték meg. A keményítő képződése közben O-kiválást és súlygyarapodást tapasztaltak akkor, amikor a növényt ismét a napfényre helyezték. Ebben az esetben nem arról van szó, hogy szénsavból és vízből közvetlenül keményítő jön létre. Sokkal inkább arról, hogy a sejtekben meglévő szerves anyagokból alakulnak ki keményítőszemcsék. A levelekben végbemenő intenzív cukorképző-dés ellenére a szénhidrátok fokozatos szintézisének lehetőségét ugyanis nem lehet kizárni. Fel kell tételeznünk, hogy a közbenső termékek képződésük arányában átalakulnak a növényi anyagcsere végtermékeivé.

A növényben lejátszódó szintézist úgy elképzelni, hogy a folyamat egyik fázisában közbenső termékek képződnek és halmozódnak fel, másik fázisában viszont ezek a közbenső termékek szénhidrátokká alakulnak át és felhasználódnak, már fiziológiai okokból sem lehetséges. A levelek különböző fejlődési stádiumában végzett vizsgálatok (Zöller, Rissmüller) azt mutatták, hogy az asszimiláció termékek normális körülmények között a levelekben halmozódnak fel. Kémiai szempontból is megvitatták a szénhidrátok szénsavból és vízből való közvetlen szintézisét a megvilágított klorofill tartalmú sejtben. Erre vonatkozóan közöljük A. Baeyer figyelemre méltó nézetét (Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. III. 66. old.). Baeyer úgy gondolja, hogy a szőlőcukor 6 molekula formaldehid vízkilépéssel összekötött kondenzációja útján jön létre. A témával kapcsolatban így nyilatkozott: "A cukor és a vele rokon vegyületek képződése kapcsán feltétele-zik, hogy a szénsav a zöld részekben fény hatására redukálódik és lassú szintézis

folyamán cukorrá alakul át. A közbenső lépcsőket a szerves savak között keres-ték, mint a hangyasav, oxálsav, borkősav stb. Utóbbiakat a szénsav redukciójának termékeiként lehet felfogni. Eszerint tehát, amikor a növény a legerősebben redukál (azaz amikor a napsugarak a zöld növényi részekre hatnak), nagymértékű savfelhalmozódásnak kellene végbemennie, mely savak aztán fokozatosan adnák át helyüket a cukornak.

A legjobb tudomásom szerint ezt még nem figyelték meg. A növényekben minden körülmények között cukor és anhidridjei keletkeznek. A savak előfordulása növényfajonként, növényi részenként és a növények kora szerint különböző. Valószínű, hogy a cukor közvetlenül a szénsavból keletkezik. Butlerow felfedezése adja ehhez a kulcsot. Tulajdonképpen csodálkoznunk kell azon, hogy ezt a felfedezést a növényfiziológusok eddig kevésbé aknázták ki. Már többször rámutattak arra a hasonlóságra, ami a vér színezőanyaga és a klorofill között fennáll. A klorofill éppúgy mint a hemoglobin, szénmonoxidot köthet meg. Ha napfény éri a klorofillt szénsavas közegben, akkor a szénsav ugyanolyan disszociáción mehet keresztül, mintha magas hőmérsékleten lenne. O lép ki és a szénmonoxid a klorofillal kötésben marad. A szénmonoxid legegyszerűbb redukciója a hangyasav aldehydjévé alakulása. Ehhez csak H-t kell felvennie: $\text{CO} + \text{H}_2 = \text{COH}_2$. Az aldehyd a sejtekben éppen úgy átalakulhat cukorrá, mint alkáliák hatására. Körülményes lenne a másik nézet szerinti fokozatos felépítéssel célhoz érni! A glicerín további három molekula kondenzációjával és a képződött glicerín-aldehyd redukciójával jöhetne létre. A cukor képződése azonban egy másik, bonyolultabb úton is végbemehet és lehetséges, hogy a növényi savak is ilyen anyaggá alakulnak át bizonyos körülmények között.

Még nem tudjuk biztosan, miképpen kondenzálódik a hangyasav aldehydje. Feltételezhető, hogy a képződött cukor először a sejtben marad és csak később válik ki cellulóz, keményítő, cukor vagy glükózid formájában. Legalábbis emellett szól a nyálkagombák (*Mycomycetis*) fejlődéstörténete, melyeknél egy bizonyos stádiumban a sejt anyagából hirtelen nagy mennyiségű cellulóz válik ki. Érdekes lenne a nyálkagombákat életük különböző szakaszaiban megvizsgálni, hogy tartalmazznak-e szabad cukrokat vagy anhidrideket. Vagy pedig lehetséges-e vegyszerekkel ugyanazon az úton cukrot vagy cellulózt lehasítani, mint ahogy az fejlődési folyamatuk során természetes úton végbemegy."

Ezzel szemben Zöller kísérletei bizonyították (Sitzensber. der Erlanger physik.-med. Societät 1871., 97. old., Journal f. Landw. 1871. 284. old.), hogy valójában a növényi sejtek a savakat szénhidrátokká és bonyolultabb összetételű anyagokká képesek alakítani. Tapasztalta, hogy a gombaspórák ecetsav vagy almasav szénforrással (hamualkotórészeket és ammóniát is tartalmazó vizes oldatban) jelentős tömeggyarapodást mutattak. A penészgomba a tápoldatból az ecetsavat kivonta és széntartalmából cellulózt, oldható szénhidrátokat, zsírokat, fehérjéket állított elő. Amidszerű vegyületek is képződtek, pl. az almasav tartal-mú tápoldatban az aszparagin amidja. A gomba klorofillmentes sejtjeiben másképp zajlik az asszimilációs folyamat, mint a klorofillt tartalmazó és fény hatásának

kitett sejtekben. A dezoxidáció során O válik ki és a szerves savakról szénsav (és víz) hasad le. A gomba tápoldatában visszamaradt bázisok karbonátok alakjában kicsapódtak a tenyészedények fenekén és falain. Az edényekbe kívülről nem léphetett be szénsav.

A 22 súlyrész szénsavban 6 súlyrész szén (=C) és 16 súlyrész oxigén (2 O) van. A víz 9 súlyrészében pedig 1 súlyrész hidrogén (=H) és 8 súlyrész oxigén (=O). Kiszámítható, hogy a 10 centner szén megkötő terület az atmoszférának 2666 font tiszta oxigéngázt ad le. Feltételezhetjük, hogy az a rét, erdő vagy megművelt terület, amelyről 10 centner C-t takaríthatunk be fa, fű, levelek stb. formájában, visszaadja az egész O-mennyiséget, melyet 10 centner C levegőn történő elégetéskor elhasznál, vagy amit az állatok a légzéssel felvesznek. Az asszimiláció során tehát a növények a vízből H-t és a szénsavból C-t vesznek fel, a víz és a szénsav O-je vagy annak egy része pedig kiválik éppúgy, mint az O-mentes olajok stb. képződésekor. Ilyen szempontból vizsgálva az életfolyamat mintha a sóképzés ellentéte volna. Ha pl. cinket szénsavval kezelünk, H kilépése közben fehér porszerű cink-karbonát keletkezik, mely a szénsavat, cinket és a víz O-jét foglalja magában. A növényi részek a Zn-et képviselik, és O kiválása közben olyan vegyületek keletkeznek, melyek a szénsav elemeit és a víz H-jét tartalmazzák.

A bevezetésben a bomlást említettük, melynek során a növény a levegőből felvett O-t ismét visszajuttatja a levegőbe. Fejlődése folyamán szénsavat és H-t vett fel, miközben a víz O-jét és a szénsav O-jének egy részét vagy teljes mennyiségét leadta. A bomlással újraképződik a H-mennyiségnek megfelelő víz az oxidációs folyamatban, melyben a levegő szolgáltatja az O-t. A szerves anyag teljes O-tartalma szénsav alakjában visszajut a levegőbe. A bomlásban lévő anyagok szénsavat termelnek, amennyiben O-t tartalmaznak. A savak többet, mint például a semleges vegyületek. A zsírsavak, a gyanta és a viasz évszázadokon át különösebb észrevehető változás nélkül megmaradnak a talajban. A vízből és a szénsavból történő O-leadás a napfény hatására megy végbe. Napfény nélkül a növények tömege nem gyarapszik. A csíra és a zöld levél azt a képességét, hogy a talajban lévő elemeket élő vegyületekké tudja átalakítani, földön kívüli tényezőnek, a napnak köszönheti. A föld alatti csíra napfény nélkül is kifejlődik, de nem asszimilál. A nap világító és meleget adó sugarai viszont (miközben életet hoznak létre) elveszítik melegüket, veszítenek fényükből. Ha a napsugarak ereje következtében a szénsav és a víz elbomlik, akkor ez az erő most a keletkezett szerves vegyületekben van jelen.

A lakószobáinkat melegítő hő is a nap melege, a szobáinkat világító fény a naptól kölcsönzött fény. Az erő megmaradásának törvénye szerint ugyanakkora erőnek kell ismét felszabadulnia, mint amekkora a növény képződésekor a C- és H-tartalmú képződményekben a nap energiájából megkötődött. Az oxidáció, az égés energiája lényegében nem más, mint az O elvesztett mozgási ereje. Ha a tüzelőanyagok vagy a tápanyagok éghető részei az O-t megkötik, veszít mozgási erejéből és ez azután hőben és munkaerőben jelenik meg. Minél gazdagabbak O-ban azok a vegyületek, melyeket a növény asszimilál, annál több napenergiát

akkumulálnak képződésükkor. Ez az elraktározott energia az embert szolgálja. Így nagy jelentősége van annak, hogy a növények legfontosabb tápanyaga, mint a szén-sav és a víz, a természetben előforduló vegyületek közül O-ben a leggazdagabbak.

A nitrogén eredete és asszimilációja

A régebbi szerzők nem ismerték, honnan származik a növények N-tartalma, nem lehetett kimutatni a levegőből történő N-felvételt. Csak az a feltételezés maradt, hogy a humusszal kevert talajból ered, mely más elbomlott szerves anyagok maradványa (Berzelius tankönyve, 1837). "Liebig úr, aki a növények nitrogénnel történő ellátását csak az ammóniának (ill. a salétromsavnak) és sóinak tulajdonítja, azt mondja, hogy az (a nitrogén) mindig a desztillált vízben van." E szerzők az ammóniának, mint a trágya, márga és az agyag alkotórészének hasznos voltát nem vitatják. Véleményük szerint azonban az ammónia a humusz és a talajban lévő szerves anyagok oldószereként hatásos. "Még egyetlen megfigyelés sem bizonyította, hogy a növények az ammóniát vagy a salétromsavat közvetlenül asszimilálnák. A növények N-jüket majdnem teljesen az oldható szerves anyagok abszorpciója által veszik fel. Erre a leírt megfigyelésekből következtethetünk." (Th. De Saussure, *Bibliothèque universelle* T. XXXVI. p. 430., és *Ann. d. Chem. u. Pharm.* Bd. 42. p. 275. 1842.)

A humuszban gazdag talajban sem képzelhető el valójában a növények fejlődése N vagy N-tartalmú anyagok nélkül. Mely formában és hogyan szolgáltatja a természet a növényi fehérjék, a siker, a termések és a magvak létéhez nélkülözhetetlen alkotóelemet? Erre a kérdésre is lehet egyszerű feleletet találni ha felidézünk, hogy a növények fejlődni képesek kiizzított talaj + tőzeghamu vagy szénpor keverékében, esővízzel történt öntözés esetén. Az esővízben a N ammónia és salétromsav formájában lehet jelen. Nem bizonyított, hogy az atmoszféra N-je részt vesz a növények asszimilációs folyamataiban. Ennek éppen az ellenkezője tudott. Sok növény ad le N-t, melyet gyökereik légnemű formában vagy vízben oldott állapotban vettek fel. Ezenkívül Boussingault az ötvenes években végzett számos növénykísérletben megállapította, hogy az atmoszféra szabad N-je nem szolgál tápanyagként.

Boussingault babot, zsázsát (*Lepidium L.*), csillagfürtöt és zabot ültetett kiizzított, növényi hamuval trágyázott horzsakőporba. A növényeket olyan atmoszférikus levegő vette körül, amelyből az ammóniát és a salétromsavat eltávolították. Az öntözés tiszta vízzel történt. A magvak kicsíráztak és a növények több hónapon át fejlődtek. A szárazanyag-termés súlya másféltől négyszerese volt a magvak szárazanyag-tartalmának, azonban a súlygyarapodás nem a N-tartalmú alkotórészekre vonatkozott. Az elvetett magvak és a termés N-tartalma csak minimálisan különbözött egymástól. Sőt ez a különbség a legtöbb esetben negatív volt, azaz a termés N-tartalma kevesebb volt, mint az elültetett magvaké. Számtalan tapasztalat, valamint az ammónia és a salétromsav kémiai viselkedése arra utal, hogy ez a két vegyület táplálja N-nel a növényt. Az ammónia vízben jól oldódik és minden savval oldható vegyületet ad. Képes továbbá arra, hogy más testekkel érintkezve lúgos természetét teljesen feladja és a legkülönbözőbb, egymással ellentétes alakokat felvegye. Ezeket a tulajdonságokat más N-tartalmú anyagban nem lehet megtalálni.

Az ammónium-formiát magasabb hőfokon ciánsavvá és vízzé alakul anélkül, hogy egyetlen elem is kiválna. Ciánsavval az ammónium-hidroxid karbamidot képez, illó mustárolajjal, keserűmandula-olajjal egy sor kristályos vegyületet alkot. Az almafa gyökerének kérgében található keserű (phloridzin), valamint a Lichen dealbatus gyökerében található édes (orcin), úgyszintén a Roccella tinctoria gyökérkérgében lévő íztelen vegyülettel (erythrin) pompás kék és piros színezékké alakul át. Ezeket a vegyületeket lakmusz és orseille név alatt mesterségesen is előállítják. Az ammónia itt már nem szerepel eredeti alakjában, azaz alkáli formájában. A számos, sav hatására pirossá változó kék festékanyag, illetve lúg hatására kék színt adó piros festék N-t tartalmaz. Az indigó is N-tartalmú vegyület.

A szerves bázisok, mint a kínafe kininje, az ópium morfinja, a sztrichnin, a dohány nikotinja stb., ahogy ezt a szerves kémia tanítja, kétségtelenül ammóniából jöttek létre. Ezek az ammóniával analóg vegyületek úgy keletkeztek, hogy egy vagy több H-t összetett szerves gyökök helyettesítettek. A salétromsav számos változáson képes keresztülmenni és N-tartalmú vegyületeket képezni, valamint könnyen ammóniává alakulhat. Az elmondottak még nem bizonyítják, hogy ez a két vegyület N-forrás. Más bizonyítékokat is számba véve azonban a N asszimilációjának egyéb formája kizárttá válik.

Vegyünk egy jól kezelt birtokot, ahol bizonyos mennyiségű N áll rendelkezésünkre. A N állatok, emberek, gabona és termények, valamint állati és emberi ürülék formájában leltárszerűen számbavehető. A birtokon úgy folyik a gazdálkodás, hogy N-t semmiféle formában nem hoznak oda kívülről. Ennek a gazdálkodásnak a termékeit minden évben pénzre és az élethez szükséges más anyagokra cserélik ki, melyek azonban N-t nem tartalmaznak. A gabonával és az állatokkal bizonyos mennyiségű N-t is elviszünk a birtokról. Ezt az elvitelt évről évre megismétljük anélkül, hogy pótolnánk. Bizonyos év eltelte után a N-leltár még ezen felül is nő. Honnan származik, kérdezhetjük, az évente kiszállított N?

Az ürülékben lévő N nem képes önmagát reprodukálni. A talaj nem tud N-t szolgáltatni, hiszen csak az atmoszférából "kölcsonzött" N-t tartalmazza. Ebből kifolyólag az atmoszféra lehet a növények N-tartalmának forrása. Az állatok pedig a növényekből veszik fel a N-tartalmú anyagokat. A N-tartalmú állati szervezetek rothadásának és elbomlásának végtermékei két formában jelenhetnek meg. A mérsékelt és hideg éghajlat alatt a N H-nel képzett vegyülete, azaz az ammónia formájában, míg trópusi körülmények között leggyakrabban a N O-nel képzett vegyülete, a salétromsav formájában.

A salétrom rendszerint az ammóniából képződik a talaj felszínén. Az állati szervezetek rothadásának végterméke az ammónia, az ammónia elbomlásának terméke pedig a salétromsav. Egymilliárd ember egyetlen generációja harminc évenként megújul. Az állatok milliárdjai pusztulnak el vagy reprodukálják magukat még rövidebb periódusok alatt. Hová kerül az a N, mely élő állapotukban a szervezetüket alkotta? Ammóniává alakul át. Még a párizsi Innocens temető

hulláiban is (6 lábnyira a föld felszíne alatt) az összes kimutatott N ammónia formájában volt jelen. Ez a legegyszerűbb és a legvégső valamennyi N-vegyület közül. A H pedig a N-nel van a legszorosabb rokonságban. Az ammónia salétrosavvá tud alakulni, a salétromsav pedig bizonyos redukciós folyamatok útján ismét ammóniává. Az ammónia és a salétromsav a levegő N-je és a vízgőz részvételével számos más kémiai folyamat során is létrejöhet, mint pl. párolgásnál, égésnél, elektromos kisülés eredményeként. Az ammónia az atmoszféra állandó alkotórésze. A levegőben található ammónia mennyisége rendkívül változó és különböző időpontokban, különböző helyeken igen egyenlőtlen. Így pl. Horsford egymillió súlyrész levegőben a következő súlyrész ammóniát találta:

júl. 3.	42.99	nov. 6.	8.09
júl. 9.	46.12	nov. 10-13.	8.09
júl. 9.	47.63	nov. 14-16.	4.70
szept. 1-20.	29.74	nov. 17-dec.5.	6.98
okt. 11.	28.23	dec. 20-21.	6.98
okt. 14.	25.79	dec. 29.	1.22
okt. 30.	13.93		

Horsford meghatározásai szerint (Boston, Észak-Amerika) a levegő ammóniatartalma egyenes arányban áll a hőmérséklettel. Más elemzések egymillió súlyrész levegőben a következőket mutatták ki:

De Porre (télien)	3.5	Bineau, Lyon, Obszervatórium	
Ville, 1850.	átlag 23.73	minimum	0.15
	maximum 31.71	maximum	0.26
	minimum 17.76	Bineau, Lyon, Quai de Ratz	
Ville, 1851.	átlag 21.10	minimum	0.13
	maximum 27.26	maximum	0.54
	minimum 16.52	Bineau, Tarare	
Kemp, Írország partja	3.88	(kert)	0.06
Gräger, Mühlhausen	0.33*	Bineau, Caluire	
Fresenius, Wiesbaden	0.10	minimum	0.02
	éjjel 0.17	maximum	0.09

* 4 esős napon

Az ammónia az atmoszférában nem képzelhető el szabad állapotban, mivel a levegő szénsavat és salétrom- ill. salétromos savat is tartalmaz konstans alkotórészek gyanánt. Az ammóniának mindkét savval alkotott vegyülete vízben könnyen oldódik. Amikor a vízgőz folyékony halmazállapotba megy át, akkor az ammónia és a salétromsav is kondenzálódik. Minden egyes esőzés megszabadítja az atmoszférát az ammóniától és a salétromsavtól. A laboratóriumokban igen gondosan és pontosan elvégzett kísérletek igazolták, hogy az esővíz ammóniát tartalmaz. Korábban senki sem gondolt arra, hogy az ammónia állandó jelenlétét megkérdőjelezze. A kísérleteinkhez felhasznált esővizet Giessen városától kb. 600

lépésre délnyugatra vettük olyan helyen, ahol az esőt hozó szél a város felé fújt. Több száz fontnyi esővizet tiszta rézedényben desztilláltunk, majd sósav hozzáadása után lepároltuk. A megfelelő koncentrációnál lehüléskor hálószerű, jól felismerhető szalmiák kristályok jelentek meg. A kristályok mindig barna vagy sárga elszíneződésűek voltak.

Az ammónia azonban a hóból nyert vízből sem hiányzik. A hó az ammóniából a maximumot a havazás kezdetén tartalmazza, de még 9 órai havazás után is egyértelműen ki lehetett mutatni az ammónia jelenlétét. Bárki a legegyszerűbb módon meggyőződhet arról, hogy az ammónia jelen van az esővízben. Az eljárás a következő: Frissen felfogott esővizet tiszta porcelántálba helyezünk és kénsavat vagy sósavat adunk hozzá. Majd csaknem szárazra pároljuk a tálban lévő anyagot. Ezek a savak megfosztják az ammóniát illékonyaságától, miközben vegyületet képeznek vele. A maradék szalmiáksót vagy ammónium-szulfátot tartalmaz, melyet platinakloriddal mutathatunk ki. Vagy még sokkal egyszerűbben a porított Ca-oxid hozzáadása után keletkező jellemző "ammóniaszag" segítségével.

A szerző által 1826-27-ben végzett 77 esővízvizsgálat (Annal. de chim. et de phys. XXXV. 329) eredménye kimutatta, hogy a zivatarokból összegyűjtött 17 vízminta több vagy kevesebb salétromsavat foglalt magában. A későbbi esővízelemzésekből kiderült, hogy minden esővíz, illetve a harmat stb. tartalmaz salétromsavat. Az utóbbi időben számos kutató pontosan meghatározta az atmoszférikus csapadék salétromsav és ammónia tartalmát. Poroszország különböző mezőgazdasági kísérleti állomásain is igen részletes vizsgálatokat végeztek ez irányban 1864-65-ben, 1865-66-ban és 1866-67-ben. A birtokunkban lévő megfigyelésekből azt lehetett levonni, hogy a különböző helyeken gyűjtött esővíz ammónia és salétromsav koncentrációja nem azonos. Így 1865-ben (12 havi átlagban) 1 liter esővízben a következőt találták (mg):

Hely	Ammónia	Salétromsav
Regenwald	2.42	2.49
Dahme	1.72	1.16
Insterburg	1.06	1.63

A mintavételi helyeken az évi esők mennyisége Regenwaldban 470.9 mm, Dahmeban 433.8 mm, Insterburgban 504.7 mm volt. Az esővízben található salétromsav és ammónia mennyisége ugyanazon a mintavételi helyen is változó és különböző évek azonos hónapjaiban sem azonos. 1 liter esővíz Regenwaldban pl. a következőket tartalmazta (mg-ban):

Év	Ammónia		Salétromsav	
	Januárban		Februárban	
1865	2.700	5.350	7.050	5.860
1866	2.972	1.362	1.954	0.661
1867	2.180	2.056	1.360	1.998

	Májusban		Decemberben	
1865	6.700	2.891	22.116	4.742
1866	3.010	2.660	2.010	2.781

Ezeket a különbségeket az évek minden egyes hónapjában tapasztalni lehetett és nem csupán a Regenwaldból származó esővízben, hanem a többi poroszországi kísérleti hely esővizében is. Tehát az 1865. decemberi esővíz ammónia- és salétromsav tartalmának eredményéből nem lehet bármely más év decemberében összegyűjtött esővíz ammónia- ill. salétromsav tartalmára következtetni. Télen az esővíz általában gazdagabb ammóniában, mint nyáron. Bineau-nak 1853-ban, a lyoni obszervatóriumnál végzett kísérleteiben, az 1 dm² felületre lehullott csapadékmennyiség és az ebben lévő ammónia- ill. salétromsav mennyiségek a következőképpen oszlottak meg:

Évszak	Csapadék mm/dm ²	Ammónia mg/dm ²	Salétromsav mg/dm ²	N összesen mg/dm ²
Tél	0.808	13.1	0.2	
Tavaszi	1.108	13.4	0.9	
Nyár	1.878	6.7	3.6	
Ősz	2.740	11.2	2.3	
Összesen	6.534	44.2	7.0	38.2

A németországi kísérletekben 1 liter esővíz ammóniatartalma 1865-66. év folyamán a következő volt (mg-ban):

Hely	évszak	ammónia
Ida-Marienhütte	nyár	2.14
	tél	4.39
Regenwald	nyár	1.76
	tél	3.63
Dahme	nyár	1.47
	ősz	3.08
Lauersfort (1865)	jún., júl., aug.	1.64
	okt., nov., dec.	3.66
Regenwald (1866-67)	nyár	2.55
	ősz	4.85

Dahmeban 1 liter esővízben 1865-66. telén csak 0.67 mg ammóniát találtak, Regenwaldban 1866-67. telén csak 1.90 mg-ot, tehát mindkét esetben kevesebbet, mint nyáron.

Horsford meghatározásai alapján a levegő ammóniatartalma egyenesen arányos a hőmérséklettel. Az esővíz esetében ez az arányosság fordított. Eszerint nyáron kicsi az esővíz ammóniatartalma, a levegőé viszont nagy. A hidegebb évszakokban viszont a levegő szegény, az eső és a hó olvadékvize pedig gazdag ammóniában. A Bineau kísérleteiből alkotott táblázatból az tűnik ki, hogy az esővíz ammónia- és salétromsav tartalma között fordított arány áll fenn. Ha a salétromsav mennyisége megnövekszik, akkor az ammónia mennyisége csökken. Ezenkívül az is látható a táblázatból, hogy a nyári esővíz több salétromsavat és kevesebb ammóniát, míg a téli esővíz több ammóniát és kevesebb salétromsavat tartalmaz.

Hasonló eredményeket adtak Karmrodt Leufersfortban végzett kísérletei. Ezen a helyen 1865. május közepétől október végéig az esővízben 1 egyenérték-súly ammóniára mindig 2.3 - 2.9 egyenérték-súly salétromsavat találtak, míg a novemberi és decemberi esővízben 1 egyenérték-súly ammóniára csak 1/2 egyenérték-súly salétromsav jutott. A többi poroszországi kísérleti állomás meghatározásaiból nyert eredmények a fenti törvényszerűségeket sokkal kevésbé követték. Ennek ellenére nem kétséges: az esővíz salétromsav és ammóniatartalma között határozott összefüggés van. Nem lehet ugyanis feltételezni, hogy az aktív O hamarabb képez salétromsavat a levegő N-jéből, mint a sokkal jobban éghető ammóniából. Sőt azt kell állítanunk, hogy amíg van ammónia a levegőben, addig az aktív O elsősorban azt fogja oxidálni.

El kell ismerni továbbá, hogy az oxidációs folyamatok magasabb hőmérsékleten sokkal könnyebben mennek végbe. Ezt bizonyítják a forró égőv salétromtelepei, valamint az a tény, hogy a melegebb évszakokban gyorsabban képződik salétromsav, mint a hidegebbekben. A 20.2 liter csapadékvízben, mely egy 292 mm vastag, fűvel beültetett, nem trágyázott meszes talajrétegen (kerti talaj) szivárgott át, 1859. nyári félévében (márc. 20-tól nov. 16-ig) 1.125 g salétromsavat találtak. Ugyanakkor a téli félév folyamán (1859. nov. 16-tól 1860. ápr. 12-ig) összegyűjtött 13.5 liter csapadékvízben csak 0.025 g salétromsav volt (Zöller). Az 1 liter téli csapadékban tehát csak 1.8 mg, míg az 1 liter nyári csapadékban 55 mg volt a salétromsav koncentrációja. Ebből is látható, hogy mennyivel gyorsabban zajlanak le az oxidációs folyamatok a melegebb időben.

Ha tehát az ammónia kizárólag N-tartalmú szerves anyagok rothadási folyamatának eredményeként képződne, a salétromsav pedig csupán az ammónia oxidációjának lenne a terméke, akkor az esővízben található ammónia és salétromsav közötti arány valószínűleg állandó lenne. Mai tudásunk szerint vannak azonban még más képződési formái is az ammóniának és a salétromsavnak (ezekről majd később beszélünk). Nyilvánvaló, hogy ebben a tekintetben ismereteink még korántsem tökéletesek. A levegő ammónia- és salétromsav tartalma különböző forrásokból származik. E források különböző időpontokban és különböző helyeken egyenlőtlen mértékben jönnek létre. Ebből adódóan az esővízben lévő kétféle N-vegyület eltérő arányban fordulhat elő annak ellenére, hogy az aktív O és az ammónia közötti viszony kétségtelenül fennáll.

Amint ez köztudott, az évenként lehulló csapadék a vizsgált helyek földrajzi fekvése szerint változik. Általában a tengertől való távolsággal és a földrajzi szélesség növekedésével csökken. A salétromsavval és ammóniával talajba juttatott N mennyisége legtöbbször az esővíz mennyiségével áll egyenes arányban. De ebben a vonatkozásban sem lehet semmiféle szabályszerűséget megfigyelni. Így a poroszországi kísérletek többségében augusztus hónapban hullott a legtöbb eső és ezzel együtt ekkor jutott a legtöbb N a talajba. Insterburgban azonban ugyanarra a felületre télen 1/5-del kevesebb eső esett mint nyáron, és a kisebb mennyiségű téli csapadékból majdnem 1/3-dal több N volt, mint a melegebb évszakok esőjében. Bineau is hasonló arányokat figyelt meg.

Az évenkénti csapadékkal talajba kerülő N mennyisége a különböző vizsgálati helyeken és években eltérő. Bineau kísérletei szerint 1 hektár (1 millió dm²) területre Lyonban 1853-ban összesen 38.2 kg N jutott. A poroszországi (Regenwald) kísérletek adatai szerint ugyanakkor 1864/65-ben 17.0 kg; 1865/66-ban 11.6; 1866/67-ben 18.2; 1867/68-ban pedig összesen 15.6 kg N. A városokban és vidéken lehulló eső ammóniatartalmának mennyiségéről és ennek a mennyiségnek változó voltáról a következő táblázat alapján alkothatunk képet:

Mintavétel helye, ideje, (szerző)	Ammónia		Salétromsav
	mg/liter	kg/ha	kg/ha
Párizs 1851 (Barral)	3.4	15.3	61.7
Párizs 1851-52.	2.7	13.8	46.3
Lyon 1852 (Bineau)	4.4	36.8	-
Lyon 1853	6.8	44.4	7.0
Fort Lamotte 1853	1.1	7.7	23.0
La Saulsaie 1852	3.0	21.1	-
Oullins 1853	0.9	-	-
Liebfrauenberg, máj.-okt.	0.79	-	-
Liebfrauenberg, máj.-nov.	0.52	-	-

A harmat, köd és a zúzmara ammónia koncentrációja meghaladja az esővizeit. A Liebfrauenbergben gyűjtött 1 liter harmatban Boussingault 1 - 6 mg ammóniát mért. Egy alkalommal a ködös időben lecsapódott víz ammóniatartalma oly nagy volt, hogy a piros lakmuszfoliadékot megkékítette. Hasonlóképpen a sűrű ködben Párizsban összegyűjtött víz 1 literében 137.85 mg ammóniát találtak. A zúzmara megolvadt vizében Bineau 70 mg/liter ammóniát talált, míg a hőmérő körül képződött jégben januárban 60 - 65 mg/litert mért. Horsford a gleccserjég megolvasztott vizében 2 mg/liter ammóniát határozott meg.

Bineau azt tapasztalta, hogy az esőmérőben 4 és 1/2 hónap alatt (1851. dec. 16. - 1852. ápr. 30-ig) összegyűjtött esővíz ammóniakészlete úgy aránylik a harmat, zúzmara és nem-mérhető esők ammónia mennyiségéhez, mint 11.4 a 10.9-hez. Ha ez az arány az egész évre vonatkozóan azonos marad, akkor a harmattal, zúzmarával és ködös szitálással kb. ugyanannyi ammónia jut a talajba, mint az esőkkel. Az amerikai fennsíkon, ahol gyakran egész évben nem esik, a növények

nyilvánvalóan az erős harmaton keresztül jutnak a számukra nélkülözhetetlen N legnagyobb részéhez.

Áttekintve az újabb csapadékvizsgálatok eredményeit be kell vallanunk, hogy az ammóniára és a salétromsavra ilyen módon általános érvényű szabályszerűségeket nem vonhatunk le. A későbbi vizsgálatok, melyeket más helyeken végeztek el, a korábbi eredményeknek egyenesen ellentmondanak. Tehát jelenleg nem tűnik oly lényegesnek a csapadék hosszabb időn keresztül és különböző helyeken végzett ammónia- és salétromsav tartalmának meghatározása. Sokkal fontosabb - Schönbein eljárása szerint - az ammónia és a salétromsav képződésének és átalakulásának pontos feltárása. Annak kutatása, hogy a helyileg adott feltételek ezekre a folyamatokra milyen befolyással vannak. Azok a szabályszerűségek, melyeket az egyes vizsgálatokból le lehet vonni, csupán útmutatást adnak a jövő kutatójának. Azoknak kell majd megállapítaniuk, hogy a megfigyelt törvényszerűségek a természeti törvények szintjére emelhetők-e, és melyek azok a hatások, melyek következtében ezek a törvények nem jutnak érvényre?

Az ammónia és a salétromsav jelenléte a talajban és a vizekben és ezen N-vegyületek állandó előfordulása az atmoszférában vitathatatlan tény. Kérdés, vajon a gyökerek felveszik-e az ammóniát ill. a salétromsavat és ezek a vegyületek a növények N-tartalmú alkotórészeinek létrehozására szolgálnak-e? Az ammónia és a salétromsav kémiai viselkedése kétségtelenné teszi, hogy ezek a vegyületek képesek ilyen kötéseket alkotni. Tehát a legkülönbözőbb átalakulásokban részt vehetnek és a növények számára N-t szolgáltathatnak. Az ammóniát, a salétromsavat és a salétromsavas vegyületeket minden növényben meg lehet találni.

Alwens és Sutter széleskörű vizsgálatai megmutatták, hogy a növényekben mennyire elterjedt a salétromsav sóinak, a nitrátoknak az előfordulása. Számos növény gyökerében, szárában és levelében találtak nitrátokat és a salétromsavat mennyiségileg is meg lehetett határozni. Természetesen a salétromsav mennyisége igen különböző volt: a hüvelyesek leveles szárának szárazanyagában 0.02 - 0.05 %, a kukorica leveles szárában 0.62 %, a fejessaláta leveleiben pedig 1.54-1.71 %. A répagyökerek (a *Beta vulgaris* különféle fajtái) szárított állapotban 0.83 - 3.01 %-ot, a fehérrépa gyökerei (*Brassica rapa rapifera*) 0.18 - 3.49 % salétromsavat tartalmaztak. Az utóbbi meghatározásokból azt is lehet látni, mennyire változó a salétromsav mennyisége egy és ugyanazon fajta ugyanazon szervében. Érdekes módon Alwens és Sutter a legtöbb magban nem, vagy csak nyomokban talált salétromsavat. Ez akkor is fennállt, ha a növények gyökerei és leveles szárai nitrátdúsak voltak. A megvizsgált burgonyagumókban szintén csak nyomokban volt salétromsav annak ellenére, hogy a burgonya szárított leveleiben 0.49 %-ot találtak. A nyírfa, bükkfa, fehérfenyő és a körtefa gyaluforgácsában sem lehetett nitrátot kimutatni.

Amint Schönbein bizonyította, számos növény nedvében nitrit is előfordul. Ha pl. a *Lactuca sativa* (saláta) és a *Leontodon taraxacum* (gyermekláncfű) kiperéselt nedvét K-jodiddal, keményítővel és kevés kénsavval elegyítjük, akkor a

jódkiválás következtében erős kék színeződés lép fel. Schönbein eredményeit ellenőrizve erről saját magam is meggyőződtem. Ha azonban a kiperéselt nedvet egy bizonyos ideig levegőn állni hagyjuk, akkor ezt a salétromos savra jellemző reakciót már nem adja. Valamennyi növényi szervben és nedvben nemcsak ammóniavegyületeket lehet kimutatni, hanem más N-tartalmú anyagokat is, melyek semleges ammóniumsókként viselkednek és a növényi szervezetben nyilvánvalóan ammóniából keletkeztek.

1834-ben Giessenben (Wilbrand-dal, a botanika professzorával) a juharfa cukortartalmának meghatározásával foglalkoztunk. Egyszerű bepárlással mind-egyik fajtából kristályos cukrot kaptunk bármilyen anyag hozzáadása nélkül. Ha a nedvhez meszet adtunk, vagyis úgy kezeltük, mint a nádcukrot a finomításnál, nagy mennyiségben vált szabaddá az ammónia. Először feltételeztük, hogy a nedv összegyűjtésére kihelyezett edényekbe az emberek rosszindulatból belevizeltek. A következőkben gondosan őriztettük az edényeket. Az eredmény megismétlődött. A szintelen nedv a növényi festékanyagokra nem gyakorolt hatást, míg a meszezésre ugyancsak bőséges ammóniaképződéssel reagált. Ugyanezt mutatta a nyírfa nedve, amely minden emberi lakóhelytől két órányi távolságra, az erdőben lévő fáktól származott. A mésszel derített nedvet bepárolva bőségesen keletkezett ammónia. Ha a szőlőtöke könnyezésekor összegyűjtött nedvet néhány csepp sósavval bepároljuk, akkor szintelen, gumyszerű, folyós anyag marad vissza, melyből ammónia szabadul fel mesz hozzáadásakor. A répacukrot előállító gyárakban naponta több ezer köbláb cukoroldatot derítenek mésszel, így kicsapják a növényi fehérjét, majd kristályosítás céljából bepárolják. Ilyen gyár-ban nagy mennyiségű ammónia szabadul fel és a vízgőzzel együtt elpárolog.

A cukorgyártásnál 1 liter répaléből 0.653 g ammónia keletkezik (ami 2.193 g ammónium-szulfátnak felel meg). Ha az évente 20 millió kg cukorrépát feldolgozó gyár a keletkezett ammóniát összegyűjtené, akkor évi 4386 kg ammónium-szulfátot tudna előállítani (Renard). A 100 súlyrész cukorrépában 0.149 súlyrész szerves-N, 0.012 súlyrész ammónia-N van jelen. (M.Ad. Renard, Compt. rend. t. LXVIII. (1869) p. 1334.) Ahogy a semleges ammóniumsó ammónia leadásával savanyú sóvá alakul, bepárláskor a semleges növényi nedv is savanyú kémhatásúvá válik. A keletkező szabad sav nádcukor előállításakor a veszteségek egyik forrása. Ilyenkor a nádcukor egy része ugyanis nem-kristályosítható szőlőcukorrá és sziruppá alakul. A gyógyszerárakban virágok, gyógyfüvek és gyökerek desztillációjakor nyert folyadék, a növények valamennyi kivonata tartalmaz ammóniát. A mandula és az őszibarack éretlen, átlátszó magjából is lúg hozzáadására bőségesen keletkezik ammónia (Robiquet). Friss dohánylevelek nedve is tartalmaz ammóniumsókat. A gyökerekben (takarmányrépa), fatörzsekben (juharfa), valamennyi virágban és éretlen gyümölcsben tehát mindenütt található ammónia.

A takarmányrépa nedvében (8 kísérlet átlagában) H. és E.Schulze 0.0158 % ammóniát talált. Az ingadozás 0.0084 - 0.0223 % volt. A karórépa nedvében 0.0118 % (0.0063 % és 0.0172 %, két kísérlet átlaga), és a fehér óriásrépában (négy vizsgálat 0.0159 - 0.0285 % között) átlagosan 0.0215 % ammónia volt. (Landw.

Versuchsstat. IX. köt. 434. old.). Az ammónia és a salétromsav N-forrás a növények számára, melyre döntő bizonyítékul szolgál az állati ürülékekkel, a guanóval és a salétromsavas-, valamint ammóniumsókkal végzett trágyázás. Az állati trágya N-tartalma az ammónia (ill. salétromsav) képződésén keresztül hat. Az elbomlott emberi vizeletben a N szénsavas, foszforsavas vagy sósavas ammóniaként, tehát ammóniumsók formájában van jelen. Flandriában a vizeletet sikerrel alkalmazzák trágyaként. A vizelet bomlásakor túlnyomórészt vagy kizárólag ammóniumsók keletkeznek. A hő és nedvesség hatására a karbamid, mely a vizeletben uralkodó vegyület, szénsavas ammóniává (ammónium-karbonáttá) alakul. Valamennyi rothadó N-tartalmú test ammónia és szénsav forrása. Ammónia képződik a kálilúggal kezelt rothadó anyagokból, melyet jellemző szagáról és keletkező sűrű fehér "füst"-jéről ismerhetünk fel. Ezt az ammóniát megkötheti a talaj és direkt vagy indirekt úton (salétromsavvá történt átalakulás után) növényi tápanyaggá válik.

Már Davy is felismerte a bomló szemétből képződő gázoknak és gőzöknek a növényre gyakorolt kedvező hatását, melyek fő alkotóelemeit illó ammónium-vegyületek alkotják. "1808 októberében egy bőszejú retortát töltöttem meg melegen erjedő trágyával, mely nagyrészt alomból és szarvasmarha ürülékből állt" - írja H. Davy: "A retortát egy feltéttel kötöttem össze. Ez olyan készülékkel állt kapcsolatban, mely a keletkező gázok felfogását lehetővé tette. A feltétet igen hamar vízcseppek lepték el és 3 nap alatt 21 köbcol szénsav keletkezett. A feltétben lévő folyadék súlya 1/2 uncia volt. A folyadék ecetsavas és szénsavas ammóniát tartalmazott. A másik, szintén igen meleg trágyával töltött retorta nyílását a kert szélén lévő gyeper növényei alá veztettem. Néhány nap múlva jól észlelhető hatást tapasztaltam. Ahol a fű az erjedő trágya hatása alatt állt, sokkal bujábbban nőtt, mint a kert bármely más részében." (Agric. Chemistry)

A guanó főleg húgysavas, foszforsavas, oxálsavas és szénsavas ammóniumból és némely földfoszfátból áll. Előnyös termésmenvelő hatása, valamint a földek nitráttal és ammóniumsókkal végzett trágyázásának eredményei minden gazda előtt ismertek. A termés és a N-tartalmú szerves anyagok képződése összefügg az ammónia és salétromsav alakjában rendelkezésre álló felvehető N mennyiségével. A növényekben nem gyarapszik a N-tartalom, ha kiizzított, csak hamualkotórészeket tartalmazó talajon, valamint ammóniától és salétromsavtól mentes atmoszférában fejlődnek. Ennek bizonyítékául szolgáltak Boussingault kísérletei. Amennyiben normális levegőn fejlődtek, a talaj és a termés N-tartalma 8 %-kal növekedett.

Hellriegel (Preuss. Annal. d. Landwirtsch., Wochenblatt 1867. 460. old.) azt tapasztalta, hogy homokkultúrában maximális búza- és rozstermést kapunk, ha 70, ill. 63 mg/kg N van jelen nitrát alakjában. Amikor a felvehető N mennyiségét csökkentette, akkor a terméseredmények is csökkentek. Az újabb vizsgálatok nem igazolták Hermbstädt adatait, miszerint a különböző N-műtrágyák növelték volna a szem N-tartalmú szerves anyagait. Ennek ellenére nem lehet tagadni, hogy a

szerves N-vegyületek mennyisége bizonyos határok között ingadozhat a szemben, és a talajban lévő N befolyásolja a termés N-tartalmát is.

Siebert megfigyelte, hogy az ammónium- és salétomsavas sókkal végzett trágyázás a tavaszi búza N-tartalmát növelte. Hasonló eredményeket kapott Boussingault már korábban, amikor kalászosoknak N-ben gazdag trágyákat adott. Barral is ilyen eredményre jutott. Természetesen a N-tartalomnak az a növekedése, amit Siebert megfigyelt, nem volt jelentős. Ezenkívül azt sem vizsgálták meg, hogy ez a növekedés valóban a beépült N-re vonatkozik-e, vagy csak a növény által felvett, de nem asszimilált ammónium- és salétomsavas sókból adódott? Boussingault és Siebert adataival megegyező eredményeket kapott Ritthausen is legújabb kísérleteiben. Korábban Salm-Horstmar és Boussingault, újabban Knop, Stohmann, Nobbe és mások bizonyították, hogy a növények képesek (ammóniumsók nélkül) salétomsavas sókból N-szükségletüket fedezni és nagy termést adni. Hasonló módon G.Kühn, Hampe, P.Wagner, Hellriegel és mások azt találták, hogy az ammónium-vegyületek is szolgálhatnak N-forrásként a növényeknek anélkül, hogy az ammónia előzetesen salétomsavvá alakulna.

A fentiekből nem következik, hogy a növények képtelenek a már részben szerves kötésbe átment szénsavat vagy ammóniát asszimilálni. Éppen az újabb kísérletekből derült ki, hogy a bonyolult összetételű (azaz szerves) N-tartalmú anyagokat a növény fel tudja venni és ezek az ammóniához, valamint a salétromsavhoz hasonlóan N forrásként szolgálhatnak. Így már Cameron is arra a következtetésre jutott árpával végzett kísérleteiből, hogy a feloldott karbamidot a növények hasznosíthatják anélkül, hogy előzetesen ammóniává átalakulna. Trágyahatása közel áll az ammóniumsók hatásához. S.W. Johnson (Sillim. Amer. Journ. (2), XLI. 27. old.) szerint a vizeletben található más N-tartalmú anyagok is előnyösek. Ilyen hatást tapasztalt húgysav, hippursav és sósavas guanin esetében, kukoricánövényeket nevelve kiizzított és hamualkotó elemekkel ellátott homokban. Mindezek a kísérletek azonban még nem zárták ki egyértelműen azt a lehetőséget, hogy a nevezett szerves N-vegyületek könnyű átalakít-hatóságuk következtében ammóniává (ill. salétomsavvá) alakuljanak, és talán az utóbbi formában fejtik ki növénytápláló hatásukat. Hampe kísérletei bizonyították be egyértelműen, hogy normális kukorica növények nevelhetők tápoldat-ban, melyben az egyedüli N-forrás a karbamid. Ezt az eredményt később P. Wagner is igazolta. Wagner (Journ. f. Landw. 1869. Bd. IV. S. 82) továbbá még azt is tapasztalta, hogy glikokoll, kreatin és hippursav is szolgálhat N tápanyagként. Az utóbbi kettő a növényi szervezetben lebomlik és a gyökereken keresztül benzoésavat ad le a növény. Ezért a két vegyület hatása azonos a glikokoléval.

W. Wolff (Landw. Versuchsst. Bd. X. S.13.) vizes tápoldatokban ammóniumsót és salétromsav helyett N-forrásként tirozint adott. Azt találta, hogy csak a tirozin bomlástermékeit (melyek között ammónia nem található) képes a növény asszimilálni. A tirozinnal kapott eredményekhez hasonlókat kapott Knop és W.Wolff leucinnal is (Chemisch. Zentralbl. 1866. S. 744). Figyelemre méltó a bonyolultabb N-vegyületekkel végzett kísérletek esetében, hogy eddig elsősorban

azok a vegyületek hatottak a növényekre, melyek ammónia-származékok vagy még elég közel állnak az ammóniához. A nitrovegyületek (pl. nitrobenzoesavas kálium stb.) ezzel szemben nem tudtak N-t átadni, sőt káros hatást is fejtettek ki a növényekre Knop szerint. (Landw. Versuchsst., VII. kötet, 463. old.). Nem minden itt felsorolt szerves N-vegyület, melyet vízkultúrában ammónia vagy salétromsav helyett növényi tápanyagként alkalmaztak, terjedt el széleskörűen a természetben. Lehetséges, hogy a nevezett vegyületek közül az egyiket vagy a másikat a trágyával együtt bevihetjük a talajba, de ott viszonylag gyorsan átalakulnak ammóniává és salétromsavvá. Így általánosan nem beszélhetünk arról, hogy ezek a vegyületek N-forrásul szolgálnának.

Az atmoszférában, az esővízben, a forrásvízben és valamennyi talajban a megelőző korok állat- és növényvilágának pusztulása termékeként találunk viszont ammóniát és salétromsavat, mint a természetben állandóan lezajló folyamat termékeit. Valamennyi növényben van ammónia vagy salétromsav. A termés mennyisége és a növények N-tartalmú alkotórészeinek mennyisége bizonyos arányban állnak a növény számára rendelkezésre álló ammónia és salétromsav mennyiségével. E két vegyületet a növények felveszik és asszimilálják. Ezek szolgáltatják a N-t a növényeknek és ezek a N tápanyagok közvetetten vagy közvetlenül az atmoszférából származnak.

Az ammónia és a salétromsav forrása

Amikor az állatok megjelentek a Földön, akkor már a fennmaradásukhoz és szaporodásukhoz a feltételek adva voltak. Nem kétséges a növények jelenléte, melyek az állatoknak táplálékul szolgálhattak. A növényi élethez szükséges előfeltételek a talajban és az atmoszférában már ezt megelőzően teljesen kialakultak, így a N és szénvegyületek jelenlétét is feltételezzük, melyek a növények számára táplálékot jelenthettek. Felvetődhet a kérdés, vajon az atmoszférában, valamint a növényekben és állatokban N-vegyületek alakjában jelen lévő ammónia mennyisége nőhet-e? Ismerünk-e olyan ammóniaforrásokat, melyek ezt lehetővé teszik? Más szavakkal: felveheti-e a levegő N-je az ammónia, vagy egy másik N-tartalmú vegyület alakját? Az ammónián és a salétromsavon kívül nem ismerünk más N-vegyületet, csak a növény és állat által előállítottakat és azok módosulásait. Egyébként a N csak annak a gáznak az alakjában létezik, mely a levegő fő alkotórészét képezi. Korábban feltételezték, hogy a növény a levegő N-jét közvetlenül asszimilálja. Amíg nem jöttek rá, hogy az ammónia is alkotóeleme a levegőnek, nem kételkedhettek ebben. Miből származott volna a vadontermő növény N-je?

Az ammóniát a szervezetek bomlásából keletkező termékként ismerték, mely csak utólag keletkezhett. Fel kell tételezni, hogy az ammónia a maihoz hasonlóan a légkör része volt. Ha ugyanazon okok tovább hatnának, melyek a növényi élet megjelenése előtt a gázalakú N-ből az ammónia képződéséhez vezettek, akkor a

légkör ammóniakészlete folyamatosan nőne. Dél-Amerika (Boussingault) és Svédország (Berzelius) őshegységei és valamennyi megvizsgált lelőhely vasérc izzításkor vizet ad le, melyben kimutatható mennyiségű ammónia van. Honnan származik ez az ammónia? Régebben a vasérc ammóniatartalmát látszólag megnyugtató módon meg tudták magyarázni. A feltételezés szerint a víz a szerves természetben előforduló egyetlen H-vegyület, minden más a bomlási folyamatok terméke, melyhez a víz szolgáltatja a H-t. Az ammónia a többi H-vegyülethez hasonlóan keletkezett. A vasérc korábban vas volt. Ha feltételezzük, hogy a vas oxidációjával keletkezett a vasérc és ehhez az O-t a vízből nyerte, akkor az egyik oldalon Fe-oxidot kapunk, a másikon H-t. A H-gáz keletkezése pillanatában a vízben feloldott N-nel érintkezik és ammóniát képez.

Közönséges hőmérsékleten azonban a Fe nem bontja a vizet, míg magasabb hőmérsékleten, a víz forráspontja körül a vízben nem marad oldott állapotban N-gáz. Ha vörösen izzó vasforgács fölött vízgőz és N-gáz elegyét áthajtjuk, akkor a N-gázt változatlan alakban kapjuk vissza, de H-nel keverve. Nem keletkezik ammónia, mivel az alkotóelemeire bomlik, ha izzó fémvassal kerül érintkezésbe. A kimosott Fe-hidroxidot finom eloszlású fémvassal elegyítve már kevésbé magas hőmérsékleten fellép a víz bomlása és ezzel együtt a H-képződés, miközben Fe-oxiduloxid (a mágneses vasérc oxidja) képződik. Mivel a hidroxid a savhoz hasonlóan hat, (itt és minden olyan esetben, amikor fémek savakban H-képződés közben oldódnak), a keletkezett oldatban ammóniumsót is kellene kapnunk. Eddig azonban nem lehetett ilyen ammónia jelenlétét bizonyítani. A víz elektromos árammal történő bontásával képződött H-gáz mindig tartalmaz bizonyos mennyiségű N-gázt. Ez nem keletkezhethetne, ha a N a felszabaduló H-nel képes lenne ammóniává egyesülni. A levegő N-jéből történő ammóniaképződés bizonyítékának tekintették, hogy a Fe-oxid (ami a vas pörkölésekor a levegőben keletkezik) mindig tartalmaz bizonyos mennyiségű ammóniát. Csakhogy az ammónia a levegőből származik, amint Marshall Hall bizonyította. Amennyiben a levegőt, mielőtt a pörkölődő vassal érintkezne, tömény kénsavat tartalmazó csövön vezetik át és így ammóniatartalmától megfosztják, a képződő oxid az ammóniát még nyomokban sem mutatja. Braconnot (Annal. de chim. et de phys. LXVII. kötet, 104. old. és köv.) kimutatta, hogy a legtöbb bazalt, a trapp, a Rothenpon-i és Bresse-i gránit, a szienit, az amfibol, a wakit (egy láva fajta), a Bedon-i bazalt, a Geroldines-i kvarc, a pegmatit és egy sor más kőzetfajta száraz lepárláskor vizet ad le, mely kifejezetten ammóniadús. Mindezt a vasérc ammóniatartalmával kapcsolatos interpretációval nem lehet megmagyarázni. Nem lehet kétséges, hogy az ammónia eredete mindkét közegben azonos.

Kérdés, hogy a levegő N-je képes-e a vízből kilépő H-gázzal ammóniává egyesülni? A problémát a legutóbbi időben, egészen más szempontok miatt igen alapos kísérletekben tanulmányozta Will és Warrentrapp. A N-tartalmú vegyületek N-je K-hidroxiddal történő izzítás során ammóniává alakul. A szerves kémiai analízisben ezt az aljárást ők a N kvantitatív meghatározására használták fel. Savval történő megkötés után úgynevezett platina-szalmiáksóvá alakították és megmérték a keletkezett ammóniát. Így a vegyület N-tartalmát ki lehet számítani.

Igen sok ismert N-tartalmú vegyületet megelemeztek és az analízisek azt mutatták, hogy az eljárás az elvárásoknak tökéletesen megfelel. Később Reiset olyan kísérleteket tett közzé, melyek szerint N-mentes anyagokból (pl. cukorból is) ammóniát lehet előállítani ezzel az eljárással. Reiset azt gondolta, hogy ennek az ammóniaképződésnek az oka a keverék pórusaiba zárt levegő N-tartalma. Mivel ez a levegő nem zárható ki, ezért ez az elemzési módszer pontatlan és elvetendő. Will újabb és igen gondosan megismételt kísérletei azt mutatják, hogy a Faraday által már korábban megfigyeltekhez hasonlóan N-mentes anyagok K-mal történő izzításakor is nyerhető ammónia. De ha a N-mentes anyagokat kizárjuk a reakcióból, a N-gáz az éppen keletkező H-gázzal nem képez vegyületet, illetve ebből a kettőből nem képződik ammónia.

Faraday csodálatra méltó kísérleteivel (Quarterly Journ. of Science, XIX. köt., 16. old.) bebizonyította, hogy az ammónia a vizsgálandó anyagban vagy a K-hidroxidban már eleve jelen volt. Jelenlétét mindenütt fel lehet ismerni, ahol előfordul. Megfigyelte továbbá, hogy farostokat, lenvásznat, K-oxalátot és egy sor más N-mentes anyagot K-mal, Na-mal, Ca-hidroxiddal izzítva mindig képződik ammónia. Megkísérelte ezután az ammóniaképződés körülményeit tisztázni. Először a lúgos anyagokat vizsgálta meg. A K-hidroxid, akár K-nitrátból, borkőből vagy K-ból állították elő, azonos módon viselkedett. Ha a szerves anyagokat önmagukban izzítják, nem mutatják az ammóniára jellemző reakciót. De ha lúgos anyagokkal együtt izzítják őket, akkor fellép az ammóniaképződés.

Felmerült, hogy a környező levegő N-je vesz részt az ammóniaképződésben. Kevésbé valószínűnek tűnt ez a megoldás, mivel a levegő O-t is tartalmaz. Az O-ról sohasem figyelték meg, hogy ilyen körülmények között a szabadabbá vált H-nel reakcióba lépett volna, bár nagyobb a vegyrokonsága a H-hez, mint a N-hez. A kísérleteket tiszta H-atmoszférában megismételték, ahol a H-t olyan vízből nyerték, melyet hosszantartó forralással minden levegőtől megszabadítottak. De ebben az esetben is bekövetkezett az ammóniaképződés ismeretlen okból. Már tudjuk, hogy az ammónia a levegő alkotórészeként mindenütt előfordul. Mint összenyomható gáz a szilárd testek felületén a levegőnél nagyobb mennyiségben kondenzálódik. A desztillált vízben is mindig jelen van. Faraday kísérletei egyszerű módon magyarázhatók.

A finom, ezüstfehér vasdrótot vagy cinket olvadó K-hidroxidba mártva megindul az ammóniaképződés, de hamarosan abba is marad. Újabb vasdróttal a reakció ismétlődik. A további vizsgálatok során kevés K-ot Zn-kel felhevítettek, majd egy részét üvegbe helyezték és azonnal lezárták. A másik részét vízben feloldották és a tiszta oldatot szárazra párolták, majd 24 órára félretették. Az első részben csak nyomokat lehetett az ammóniából kimutatni. A másik rész viszont igen határozott bizonyítékokat nyújtott az ammónia jelenlétére. Mintha az ammónia forrásául szolgáló anyagot vett volna fel a művelet alatt a levegőből (Faraday). Egy kísérletben Cornwallisból származó fehér agyagot vörösizzásig hevítettek, majd egy hétig levegő hatásának tették ki. Az így kezelt anyag bőségesen adott le ammóniát, ha egy csőben (zárt térben) izzították. Ha az első

izzítás után jól zárható üvegben tárolták, akkor ez a jelenség nem lépett fel. Az ammónia tehát az anyagok felületén kondenzálódott és az atmoszférából származott. Ennek bizonyítékai a következők (Faraday):

Tengeri homokot tégelyben izzásig hevítettek, majd rézlemezen hagyták lehűlni. Ezután egy részét üvegcsőbe helyezték. Másik része néhány pillanatig emberi kézzel érintkezett, majd platina-adagolóval óvatosan egy másik csőbe juttatták. Amikor az első csövet melegítették, a curcuma-papír nem jelzett ammóniát, az emberi kéz érintette homok azonban igen, mégpedig jelentős mennyiségben. Óvatosságból ezekhez a kísérletekhez olyan üvegcsöveket használtak, melyeket nem törőronggyal tisztítottak, hanem levegőáramban vörösiszásig hevítettek. Tudjuk, hogy a bőr ammónium-hidroxidot párologtat és az izzadság ammóniumsókat tartalmaz. Az ammónia éppenúgy, mint a levegő hatásának kitett izzított agyag esetében, a homok vagy az azbeszt felületén kondenzált állapotban volt jelen.

Kísérletek szerint a borsó és a bab képes N-felvételre a levegőből. Ezt a forrást nem a légköri N megkötése, hanem a levegőben állandóan jelen lévő ammónia szolgáltatja. Végül is valamennyi kísérletet a szabadföldinél dúsabb ammóniájú atmoszférában végezték. A növényeket desztillált vízzel öntözték, amely kútvízből előállítva sokkal több ammónium-karbonátot tartalmaz, mint az esővíz. Nem létezik tehát olyan ok, mely indokolná, hogy a magvak, levelek és szárak N-tartalmának növekedését más forrásnak tulajdonítsuk. Más okokat (forrást) csak azért találtak ki, mert a víz és a levegő ammóniatartalmát akkorig nem vették figyelembe, és így a helyes magyarázathoz hiányzott minden kiindulópont.

Az ammónia nemcsak állati és növényi anyagok elkorhadásának terméke. Sok más kémiai folyamatban is keletkezhet, ha a N-tartalmú vegyületek N-je szabadbá válásának pillanatában H-nel egyesül. Összetett N-tartalmú gázok (ciángáz, N-dioxid, N-oxid stb.) H-gázzal elegyítve és izzó platinaszivacs (Kuhlmann) vagy Fe-oxid (Reiset) fölött átvezetve ammóniagázzá alakulnak át. Ha vízgőzt izzó, N-tartalmú faszén fölött vezetünk el, akkor más termékek mellett kéksav (ciánsav) is keletkezik, mely lúgos anyagok hatására ammóniává és hangyasavvá alakul. Az ammóniához kapcsolódik a salétromsav előfordulása és viselkedése. A Párizsi Királyi Tudományos Akadémia a múlt század végén kezdeményezte a salétrom képződésére vonatkozó vizsgálatokat. A salétromsav képződését ott tapasztalták, ahol állati eredetű anyagok, valamint Ca, K, Mg stb., tehát erős bázisok voltak jelen. A N-tartalmú anyagok jelenléte is elengedhetetlen, a levegő N-je a folyamatban nem vesz részt. A salétromsav tulajdonképpeni forrása az ammónia. Az állati eredetű anyag nem oxidálódik közvetlenül és N-je nem alakul át azonnal salétromsavvá. A rothadási folyamat eredményeképpen először ammóniává alakul.

Az ammónia salétromsavvá történő oxidációja sem játszódik le saját magától. Ehhez másik bomlásban lévő szerves anyagnak, valamint alkáliáknak is jelen kell

lenniük, melyek a keletkezett savat semlegesíteni tudják. Ilyen módon keletkeznek a salétromsavas sók istállókban és lakóházak falaiban, ahol a falakat a latrinákból származó ammóniában gazdag folyadék átnedvesíti. Száraz időjárás esetén ezeket a falakat vattaszerű kristályos kiválás vonja be, mely általában Ca- és Mg-nitrátból áll. Ezek tehát olyan sók, melyek nedves levegőből vizet vesznek fel (elfolyósodnak) és a falakon így módon nedves foltokat eredményeznek. A salétrom nagy részét (amit régebben puszkapor gyártásra és egyéb célokra használtak fel) Párizsban állították elő. Az ottani salétromfőzők a régi, lebontott házak alapfalait használták fel, melyek az utca "folyadékaival" állandó érintkezésként voltak. A házak alsó részeiben bőségesen találhatók salétromsavas sók, míg a felső részekben annak nyomai sem fedezhetők fel. Azonos eredetűek a városok és falvak kútjainak vizében található salétromsavas sók, természetesen olyan kutak vizében, melyek szemétdombok vagy latrinák közelében vannak. A legtöbb növény jobban és bujábban nő ill. fejlődik olyan talajban, amelyben a salétromsav képződés feltételei adóttak. Így pl. ha állati eredetű trágyákat laza meszes talajba juttatunk, akkor ott salétromsavas sók képződnek és a legtöbb növény nagyobb termést hoz, mint trágyázatlanul.

Dr. Goppelsröder megemlíti (Verhandl. der naturforschenden Gesellschaft in Basel III., 2. füzet, 255. old.), hogy az ő birtokába jutott kereskedelmi guanó-fajta nitrátot vagy nitritet még nyomokban sem tartalmazott. Vízrel történő nedvesítés, majd pedig levegőn való tárolás után néhány órával azonban nitritképződés jeleit mutatta. Három hét után ez a nitrit nitráttá alakult át. Múltán tulajdonítanak kedvező hatást az alkáliáknak és az állati eredetű anyagokban lévő foszforsavas sóknak is. Az ammónia különben nem az egyetlen forrása a salétromképződésnek. Ismerünk más fontos forrást is. Ez pedig az elektromos szikra hatása a levegő alkotóelemeire, melyek a salétromsav alkotóelemei is. Cavendish figyelte meg elsőként, hogy ha nedves levegőn tartósan elektromos kisüléseket hajtunk végre, a levegő térfogata csökken és vízben oldódó sav keletkezik. Ez a nagy természettudós egy sor kétségbevonhatatlan kísérlettel bebizonyította, hogy az elektromosság hatására a levegő alkotóelemei (az O és a N) salétromsavvá egyesülnek.

A villám a leghatalmasabb elektromos szikra, amit ismerünk. Zivatar idején a nedves levegőn átüt és a levegő alkotórészeit salétromsavvá egyesíti. A N ez idáig olyan elemként volt ismeretes, melynek igen csekély az affinitása. Vala-mennyi tulajdonsága az ellen szólt, hogy a levegő N-je a növényi életben jelentős szerepet játszhat, eltekintve az elektromos úton keletkező salétromsavtól. Kiderült azonban, hogy a rothadási folyamatok következtében ammónia kerül a levegőbe, majd pedig az esővel a talajba. A talajjal kapcsolatba lépve elveszti illékonyságát és párolgás útján nem kerül vissza a levegőbe. Így módon a levegő és az esővíz állandó ammóniatartalmáról szóló magyarázat kétségesé vált. Kell tehát olyan forrásnak léteznie, mely az esővel lehulló salétromsavat és ammóniát visszapótolja és a levegőt ezzel a két anyaggal mindig újból feltölti. Az ammónia felhalmozódása a szántóföldi talajban szintén arra utal, hogy létezik állandó ammónia-utánpótlás kívülről, amit a talaj megköthet. A szántott réteg mindig gazdagabb ammóniában,

mint az altalaj és több N-tartalmú tápanyagot szolgáltat anélkül, hogy ennek következtében N-tartalma csökkenne.

Wöhler felfedezte, hogy a N bórral olyan vegyületet alkot, mely hő hatására alig bomlik el. Vízgőz hatása alatt azonban bórsavra és ammóniára esik szét. Ezzel bebizonyosodott, hogy a levegő N-je ammóniává alakulhat át. A növény táplálás szempontjából azonban ennek a ténynek semmiféle jelentősége nincs. Hiszen egy N-ből és B-ből álló (B-nitrid) ammóniaforrás ha valamikor volt is, jelenleg nem létezik. Ismeretes, hogy Toscanában a lagúnák forró gőzéből üzemszerűen előállított bórsav mindig tartalmaz jelentős mennyiségű ammóniát. Valószínű, hogy ez B-nitridből keletkezett. A növényvilág szükségletéhez képest azonban elenyésző az az ammóniamennyiség, amit az atmoszféra ezekből a gőzökből felvehetne.

A legutóbbi időben Schönbein eddig ismeretlen N-forrásra talált. Az 1861. áprilisában Münchenben tartott és kísérletekkel összekötött előadása során kimutatta, hogy az a fehér gőz, amely a P nedves levegőben való elégetésekor keletkezik, a salétromos-sav ammóniumsóját tartalmazza. Ugyanakkor azt is közölte, hogy az atmoszférából hulló víz minden esetben tartalmaz kis mennyiségben ammónium-nitritet (azaz a salétromos-sav ammónium sóját). A P lassú elégetésekor keletkező ammónium-nitrit arra utal, hogy más égési folyamatoknál is keletkezhet ez a vegyület. Theodor De Saussure H-gáz elégetésekor keletkezett vízben salétromsavat és ammóniát talált (Annal. d. Chemie 71.282.). 1845-ben Schönbein egy akadémiai ünnepi kiadványban közölte, hogy szénhidrogének, zsírok stb. elégetésekor oxidáló anyag keletkezik, mely az indigóoldatot elroncsolja és előidézi a káliumjodid-keményítő kék színt adó reakcióját. Más oxidációs reakciók kiváltására is képes. Az oxidáló anyagnak a tulajdonképpeni természetét akkor nem ismerte fel. Eldöntetlenül hagyta, hogy ezeket az oxidációs jelenségeket a salétromsavnak vagy egy más vegyületnek lehet-e tulajdonítani.

A természettudományos kutatók kémiai szekciójának egyik ülésén, Speyerben Böttger hasonló megfigyelésekről számolt be. A H elégetésekor keletkező víz nem savanyú és nem is lúgos kémhatású. Ugyanakkor képes a K-jodid kénsavval egész gyengén megsavanyított oldatából pillanatok alatt jódot felszabadítani. Schönbein, aki ezen az ülésen jelen volt feltételezte, hogy a víz forralás után is tartalmazhat még nyomokban ammónium-nitritet. Böttger később kijelentette, hogy valamennyi szerves anyag elégetésekor keletkező vízben jelen van kis mennyiségben ammónium-nitrit. Az égő fa- és kőszén gőzeiben ezt Schönbein már kimutatta. Kolbe Böttgernél korábban megjegyezte, hogy ha H-t O-gázzal töltött lombik nyitott szájában égetünk, akkor a lombik belső tere a salétromsav vörös színű gőzeivel telik meg. Schönbein az on megfigyelése, hogy P levegőben történő elégetésekor ammónium-nitrit keletkezik, ezáltal általános jelentőségre tett szert. Később még más megfigyeléseket is tett Schönbein, melyek szerint tulajdonképpen nem maga az égési folyamat, hanem a keletkező hő a só képződésének előfeltétele. A vegyület képződése annál figyelemreméltóbb, mivel az előző tapasztalatok

szerint ez a képződés lehetetlen lenne. Az ammónium-nitrit oldat forralásakor a vegyület N-gázra és vízre bomlik szét.

Schönbein egy platinatégelyt éppen annyira hevített, hogy a fenekére csöpögő vízcseppek azonnal sisteregve elpárologtak. Az így keletkező gőz alá hideg lombik nyitott száját tartotta oda addig, amíg a lombikban néhány grammnyi víz összegyűlt. Azt tapasztalta, hogy a folyadékot néhány csepp híg kénsavval megsavanyítva a K-jodidot tartalmazó keményítődoldat megkékült. Ez a reakció azonban nem mindig következett be annak ellenére, hogy a kísérletet látszólag azonos körülmények között hajtották végre. Nyilvánvaló, hogy bizonyos hőfok szükséges a levegő N-jének a víz elemeivel való egyesüléséhez. E fölött ill. ez alatt a hőfok alatt a vegyület vagy elbomlik, vagy nem is jön létre. Ugyanez a kísérlet egyaránt jól sikerül akár réz-, ezüst-, vas- vagy agyagedényben végezzük is el. A magasabb hőmérsékleten ugyanis a vízgőzön és a levegőn kívül más tényezők nem jönnek figyelembe. Úgy tűnik, hogy ezzel valóban sikerült bebizonyítani az ammónium-nitrit képződését vízből és N-ből. Bármilyen kevés is annak az ammónium-nitritnek a mennyisége, amely egy-egy égéskor keletkezik, ezek a folyamatok oly sokszor és oly nagy anyagmennyiségekkel mennek végbe, hogy a levegő és az esővíz konstans ammónia és salétromsav tartalmának a fő forrását csakis ezek a reakciók jelenthetik.

Újabb megfigyelések szerint a levegő N-je valóban részt vesz a növénytáplálásban, miután ammónium-nitritté alakult át. Mivel a nitrátokat a szántóföld nem köti meg és az esővíz nitrát vagy nitrit tartalma konstans, azt kellene gondolnunk, hogy a Földön előforduló vízben mindenhol nitrát van jelen. Eltekintve természetesen olyan vizektől, ahol a salétromsav a talajban képződött. A sós vizű és ásványvíz források nagy számú elemzési adata azonban nitrátokat nem mutat, a talaj a már létrejött salétromsavas sókat ismét elbontja. Ilyen elbontás a cukorrépa-melasz erjedéséből jól ismert. A répa nedvében gyakran találunk salétromsavas sókat, melyekből az alkohol előállítása során N-oxidok keletkezhetnek. Utóbbiak a levegővel érintkezve a salétromsavra jellemző vöröses gőzöket alkotnak. Ismert, hogy minden folyadékban a H a salétromsavat vízzé és ammóniává alakítja át. Például ez játszódik le akkor, amikor önt oldunk salétromsavban, vagy bármely salétromsavas só híg oldatában, ha az oldathoz egy kevés kénsavat és cinket vagy vasat adunk (Kuhlmann).

Igen sok rothadási és erjedési folyamat létezik, melyek során hidrogén vagy gyakran kénhidrogén keletkezik. Salétromsavas sók jelenlétében víz és ammónia is létrejöhet a salétromsavból. Természetesen csak abban az esetben, ha az ammónia vegyületet tud képezni egy savval. A semleges vagy kissé lúgos melasz erjedésekor N-oxidok képződnek. Ez kis mennyiségű sav hozzáadásával meg-akadályozható. Goppelsröder figyelte meg, hogy humuszban gazdag talajon a nitrátok nitritté alakulhatnak át, ha O-nel vegyrokonságú anyagokkal érintkeznek. Például ha a sóoldatokba cinket vagy más fémet teszünk s ezzel állni hagyjuk. A humuszos talajt salétromsav oldatával megnedvesítve már 18 óra múlva a vizes kivonatban nagy mennyiségű nitrit mutatható ki. Egy Bázél közelében fekvő cukorrépa-föld talaja

olyan kifejezett redukáló erővel bírt, hogy a salétrom oldatának nagy részét egy nap alatt nitríté alakította. A szerző ugyanakkor arra is utalt, hogy a salétromot K-nitríté redukáló talajban jelentős mennyiségű más salétromsavas só is jelen volt. Valószínűleg Ca- és Mg-nitrátok, melyek ugyanezen körülmények között nem redukálódtak.

A nitrátokat nem tartalmazó talajban fejlődő répa, melyet időnként öntöznek híg K-nitrít oldattal, nedvében nem tartalmaz nitrátokat csak nitrátokat (Goppelsröder). A másik oldalon áll Schönbein már említett megfigyelése, miszerint ha a *Lactuca sativa* és a *Leontodon taraxacum* kiperéselt nedvéhez jódot + keményítőt és egy kevés kénsavat adunk, akkor jódot válik ki erős kék színeződés mellett. Schönbein levélbeli közlése szerint az ammónium-nitrítet mind a szerves, mind pedig a szervetlen anyagok képesek redukálni. Például a cellulóz is. Ez azt jelenti, hogy az ammónium-nitrít oxidálószerként hat ezekre az anyagokra.

Látható, hogy a talajban végbemenő folyamatok mennyire ismeretlenek számunkra még ma is. Szükséges alaposabban tanulmányozni ezeket a jelenségeket a trágyák hatásának megismerésére. A szénsav, ammónia, salétromsav és a víz az állati és növényi szövetek alkotói, de elbomlásuk kémiai folyamatának végső termékei is. Az életerő termékei a halál után ismét felveszik azokat az őseredeti formákat, amelyből képződtek. A halál az eltűnt generáció tökéletes feloldódása és az új generáció számára az élet forrása. Az eddig tárgyalt vegyületek azonban még nem elégségesek a növényi élethez.

A kén eredete

Az élettan tanítása szerint az állati test valamennyi része (az izomrostok, sejtkötegek, csontok szerves anyaga, bőr, szőrzet stb.) a keringő vérből képződik. A vér alkotóelemeit a növények szolgáltatják az állatoknak. A húsevő állat a növényevő állatok véréből és húsból táplálkozik, tehát a növényevők közvetítésével használja fel a növények anyagait. A vér fő alkotói közé tartozik két S-tartalmú vegyület, az albumin és a fibrin. A friss vérből ütögetéssel a fibrin fehér, igen rugalmas szálak alakjában kiválik. Ha a vért állni hagyjuk, akkor is bekövetkezik két fázis szétválása. A kocsonyás anyagból egy enyhén sárgás folyadék a vérszérum és a végtelenül finom fibrinszálak fonadéka különül el. A fibrin a vér festékanyagát, az ún. vértetecskéket foglalja magában. Az albumin főleg a szérumban található, melegítéskor a szérumból kicsapódik fehér, szilárd, rugalmas csapadékként. Ezt a tulajdonságát a tojásfehérje viselkedéséből - mely szintén főleg albuminból áll - már ismerjük. A vérkeringésből kikerülve a fibrin hideg vízben teljesen oldhatatlan vegyületet képez. A szérumban és a tojás-fehérjében lévő albumin azonban természetes állapotában vízben oldható és a vízzel minden arányban elegyíthető.

Meg kell még említenünk a tej fő alkotóelemét a kazeint, az egyetlen N-tartalmú táplálékot, melyet a fiatal állat az anyjától kap. A kazeint az élő állat

szervezete állítja elő és a vérképzésnél is felhasználja. Az albumin, fibrin és kazein az összes többi állati alkotótól eltér abban a tekintetben, hogy konstans S-tartalma van, bár nem oxid, nem kénsav vagy kénsavas só alakjában fordul elő. A madártojásokban lévő albuminról ismert, hogy rothadáskor kénhidrogén-gázt fejleszt, mellyel érintkezve az ezüst vagy más fém megfeketedik, azaz a fémek felületén szulfid-bevonat keletkezik. A rothadás során a fibrinből és a kazeinből is kénhidrogén-gáz szabadul fel. Ennél a három anyagnál sok más módon is ki lehet mutatni a S-tartalmat. Vajon az állati szervezet e három alapanyaga honnan származik? Kétségtelenül a táplálékból, tehát a növényekből erednek, de milyen alakban és milyen állapotban vannak a növényben? A kémia az utóbbi időben erre is választ keresett. A növények magvaiban és gyökereiben elraktározva, vagy nedvükben feloldva különböző és változó mennyiségű S-vegyület található, melyekből sohasem hiányzik a N. Kettő a gabonafélék magvaiban és a hüvelyesek (borsó, lencse, bab) szikleveleiben, egy harmadik pedig különösen nagy mennyiségben a főzelékfélék nedveiben mutatható ki.

A növényi nedvben oldott S-tartalmú vegyület összetétele azonos a vér alkotórészeinek összetételével. A borsóban, babban és a lencsében található fő vegyület a tej kazeinjével azonos összetételű és azonos viselkedést is mutat vele. Ezeket a S-tartalmú véralkotókat tehát nem az állati, hanem a növényi szervezet állítja elő. Ha az állat táplálékából hiányoznak, akkor nem képződik vér. Minél több van a növényben, annál táplálóbb a takarmány. Bizonyos növénycsaládok mint pl. a keresztesvirágúak, az eddig említetteken kívül még más S-tartalmú vegyületeket is tartalmaznak, melyekben több a S, mint az egyéb növényi véralkotókban.

A fekete mustármag, torma, hagyma, póréhagyma és a kanálfü (Cocklearia) vízgőz desztillációval illóolajokat ad, melyek átható szaga a S-t nem tartalmazó valamennyi szerves vegyülettől különbözik. Egyetlen növényből, egyetlen magból sem hiányoznak a S-tartalmú vegyületek. A kultúrnövények különösen gazdagok illóolajokban. A növény fejlődéséhez tehát a S szintén nélkülözhetetlen. A levegő azonban nem tartalmaz S-vegyületeket. A nyomokban kimutatható kénhidrogén az O jelenlétében elbomlik, H-je a S kiválása közben oxidálódik. A növény életéhez szükséges S csak a talajból származhat. A gyökereken kívül nem ismerünk más növényi szervet, amely a S felvételét biztosíthatná. A talajban előforduló kénvegyületek összetételére számos ásványvízforrás elemzési adata ad kielégítő felvilágosítást. Ezek a vizek végső soron mind a Föld felszínéről származnak, tehát esővizekről van szó. Az esővíz főként a hegységekben hullik le és a talajon átszivárogya az oldható anyagot magával viszi. Az oldott sók a víznek olyan tulajdonságokat adnak, melyekkel a tiszta víz nem rendelkezik.

A forrás- és kútvizekből ritkán hiányoznak a kénsavas sók. Termékeny kerti vagy szántóföldi talajok kilúgzásával kapott oldatokban is mindig kimutathatók. A növényekben lévő S tehát azokból a kénsavas sókból származik, melyek a talajvízben feloldódtak és amelyeket a gyökerek felvettek. A talaj abszorpciós

képességének, valamint a forrásvizekből sohasem hiányzó szénsavas mésznek tulajdonítható, hogy az ásványvizekben ritkán találunk ammóniumsókat, pl. ammónium-szulfátot. Az ammóniát a talaj abszorbeálja. Az elemzés során pedig (a víz elpárolgása közben) a még jelenlevő ammóniumsókat a szénsavas mész elbontja, így az ammónia elillan. A növény számára legalkalmasabb S-tartalmú vegyület az ammónium-szulfát, mely egyaránt tartalmazza a növény életéhez szükséges S-t és N-t. Mindkét elem egyben alkotója a növényi albumin-nak, a fibrinnek és a kazeinnek. És ami még figyelemre méltóbb, az ammónium-szulfát összetételét tekintve olyan, mintha a víz egyenértéknyi S-nel és N-nel állna kapcsolatban. Víz kiválásával a S és a N az élő növénybe épülhet. A növényben 8:1 körüli a N/S egyenérték aránya. Sokkal több ammóniát kell tehát a növénynek rendelkezésre bocsátanunk ahhoz, hogy az ammóniumsó S-tartalma teljes egészében szerves S-vegyületekké alakuljon.

Az asszimiláció során a kénsavas só elbomlik, O távozik és a felszabaduló S belép egy másik vegyületbe. A kénsavat el lehet képzelni K-szulfát vagy Na-szulfát alakjában. Ha ez a molekula szétesik, a bázisok szabaddá válnak. Ezek a bázisok növényi alkotóelemek és a szerves savakhoz, ill. (ami még figyelemre méltóbb) a növények S-tartalmú alkotóelemeihez kötve fordulnak elő. A pillangósok szikleveleiben található kazein önmagában vízben nem oldható, de a növényi formája már igen. Ezt az oldhatóságát a K és Na tartalomnak köszönheti. A növényi nedvekben lévő albumint is mindig K vagy Na kíséri. Feltehetően a gabonafélékben előforduló fibrin is eredetileg vízoldható volt és egy alkálifém közvetítésével tudott a magvakba bejutni. A Na-szulfát és K-szulfát kénforrások bázisai beépülnek a fehérjékbe vagy más vegyületekbe, esetleg visszajutnak a talajba.

A legelterjedtebb kénsavas só azonban a gipsz (Ca-szulfát), mely oldhatósága miatt közvetlenül is felvehető, esetleg előtte alakul Na- vagy K-szulfáttá. A gipszet, konyhasót és K-kloridot tartalmazó oldatok, mint a tengervíz és a legtöbb forrásvíz alkálifém-szulfát (Na- és K-szulfát) és Ca-klorid keverékei. Ha tehát a növénynek gipszet és konyhasót adunk, akkor ugyanúgy reagál e sókra, mintha Na-szulfátot és Ca-kloridot adtunk volna. A S és az alkálifémek a növényi fehérjékbe lépnek. Ez a folyamat játszódik le a tengeri növényekben. A Na és a K forrása a konyhasó és a K-klorid, melyek gipsz vagy keserűs jelenlétében szétbomlanak. Ugyanezt kell feltételeznünk a gabonafélékről és valamennyi kevés meszet tartalmazó növényről, melyek a S-t gipsz alakjában kapták. A konyhasó egyes növényekre gyakorolt előnyös hatása részben ezzel magyarázható.

A növények ásványi alkotórészei

Korábban úgy vélték, hogy az ásványi anyagok véletlenszerűen fordulnak elő a növényi szövetekben és egyáltalán nem szükségesek az életműködéshez, mivel csekély mennyiségben vannak jelen. Ez talán fennállhat a valóban ritkán

kimutatható elemeknél. A csekély mennyiség azonban nem a haszontalan voltuk jele. A foszforsavas més az állat súlyának ötödrészét sem teszi ki, a csontok felépítésében azonban lényeges szerepet játszik. A sót valamennyi általam vizsgált növény hamujában megtaláltam és okkal feltételezhető, hogy nélküle a növények nem létezhetnének (De Saussure, p. 241.) Egyetlen növény sem nélkülözheti a szénsavat, ammóniát (salétromsavat) és vizet, mivel ezek a vegyületek szolgáltatják a C, H, O organogén elemeket, melyekből a teste felépül. Asszimilációjuk azonban egyéb ásványi anyagok meglétét is feltételezi, melyek a talajból származnak. A talaj eredetű "tűzálló" elemeket megváltozott állapotban megtaláljuk a növények hamujában. Mennyiségük függ a termőhelytől, de minden talajon kimutathatók. A fűfélék, borsó, bab és a lencse magvaiból pl. sohasem hiányoznak a foszforsavas alkáliák, melyek a búzalisztból a kenyérbe, az árpából pedig a sörbe jutnak. A sikerben nagy mennyiségű Mg-foszfátot találunk, mely a mal-mokban élő lovak vakbelében gyakran több fontnyi súlyú köveket alkot. A sört ammónium-hidroxiddal kezelve ez a só fehér csapadék formájában jelenik meg.

Mondhatjuk, hogy valamennyi növény tartalmaz különböző összetételű és tulajdonságú szerves savakat bázisokhoz (mint a K, Na, Ca és Mg) kötve. Kevés növényben van szabad szerves sav. Egyetlen növény sem létezik Fe nélkül. Némely növény állandó eleme a Mn, a hamuban jelentős a kovasav mennyisége, a Cl igen gyakori, a tengeri növényekben pedig mindig van bizonyos mennyiségű jódegyület. Vajon szükségesek-e ezek az anyagok a növény létéhez? Erre a kérdésre ma már igennel kell válaszolnunk. Különböző növénycsaládokban a legkülönbözőbb savakat találjuk. Előfordulásuk nem a véletlen játéka. A fumársavnak és az oxálsavnak a zuzmókban, a kinasavnak a buzérfélékben (Utalás a kininre egyes buzérfélékben. Szerk.), a "Roccel"-savnak a Roccella tinctoriában (Utalás a lakmuszra a lakmusszuzmókban. Szerk.), a borkősavnak a szőlőszemekben, valamint számtalan más szerves savnak a növények életében jelentősége van. A növény léte e savak nélkül elképzelhetetlen. A savak alkálifémekkel semleges vagy savanyú sók alakjában fordulnak elő. Nem létezik növény szénsavtartalmú hamu nélkül, vagyis amelyből valamilyen sav sója hiányozna. Csak a kovasavban és foszforsavban gazdag hamukban nem található izzítás után szénsav, mivel a kovasav és a foszforsav kiüzi.

A fűfélék és a zsurlófélék sok kovasavat és K-ot mutatnak, mely a levelek külső szélén és a szárukban savanyú kovasavas K alakjában van jelen. Mennyisége nem változik számottevően a talajban, ha korhadó szalmatrágyával ismét visszajuttatjuk. Másképp áll a dolog a réteknél. A K-ban szegény homokon vagy az erősen meszes talajon sohasem lehet búján növő füvet találni. A bazaltok, a klinker, az agyagpalák, a vulkánikus szürke kavicsok és porfirok ugyanakkor a legjobb réti talajokat szolgáltatják mállásukkal, mivel ezek a kőzetek alkálifémekben gazdagok. A dohány, szőlő, a borsó és a here hamuja mészen gazdag, e növények sínylődnék a Ca-hiányos talajon. Fejlődésüket elősegíti a Ca-trágyázás. Ugyanezt kell a Mg-ról is feltételeznünk, ami sok növényben (burgonya, takarmányrépa stb.) sohasem hiányzó alkotóelemként fordul elő.

Csodálatra méltó, ahogy a fűfélék (gabonafélék, melyek magvai táplálékul szolgálnak) követik az embert a háziállatokhoz hasonlóan. Olyan okoktól kényszerítve, mint a sótűrő növények a tengerpartokat és a sóbányákat, a libatop félék az omladékokat. Ahogy a ganajtűrő az állati ürülékre van utalva, ugyanúgy van szüksége a sótűrő növényeknek a konyhasóra, a korhadékokon nőnek az ammóniára és a salétromsavas sókra. Egyetlen gabona vagy főzelékféle sem képes jól fejlett magvakat teremni anélkül, hogy foszforsavas alkálifémeket, foszforsavas Mg-ot vagy ammóniát ne találna a talajban. Márpedig azon talajok gazdagok, ahol emberek és állatok együtt élnek. A növények követik a vizeletet és az ürüléket, mivel alkotóelemeik nélkül nem tudnának magvakat teremni. Több száz mérföldre a tengertől (a sóbányák közelében) találunk sótűrő növényeket. A növények magvait a szelek, a madarak, a tengeráramlások a Föld egész felszínén széthordják, de csak ott fejlődnek ki, ahol a szükséges feltételeket megtalálják. A Nidda melletti salzhauseni sóbepárló tóban kicsi, két colnál nem hosszabb halak (*Gasterosteus aculeatus*) serege található. A hat órával távolabbi nauheimi sóbepárlóban egyetlen élőlény sincs. Az utóbbi szénsavval és mésszel telített, falait sztalaktitok fedik. Az egyik vízben az odakerült ikrák ki tudtak fejlődni, a másikon nem.

A tengervíz súlyának kevesebb mint egymilliomod részét teszi ki a jód. Alkálifémekkel vízdíszítható sókat képez. A tengeri moszatok, a *Fucus*-félék éppen úgy gyűjtik a I-ot, mint a szárazföldi növények az alkálifémeket. Annyi I-dal látnak el bennünket, hogy egyébként egész tavakat kellene elpárologtatnunk. Feltételezzük, hogy a tengeri növények fejlődéséhez fémjodidokra van szükségük. Hasonlóképpen az alkáliák és a foszforsavas vegyületek állandó jelenléte a szárazföldi növények hamujában ill. egyáltalán a növények hamujában arra utal, hogy ezek a növények fejlődéséhez elengedhetetlenek. Ha az említett ásványi elemek nem lennének nélkülözhetetlenek, akkor a vadon növő növényekben sem lehetne megtalálni őket. A növény a gyökerein keresztül olyan hatást gyakorol a talajra, mint egy szivattyú. A különböző sóoldatokkal öntözött növények olyan elemeket is felvesznek, melyek életükhöz nem szükségesek. Ezeknek a sóknak el nem éghető alkotóelemeit a növény hamujában ismét meg fogjuk találni. Jelenlétük ebben az esetben tisztán véletlenszerű. Ebből azonban nem lehet a többi hamualkotórész szükségességét tagadó következtetést levonni.

Macaire-Princep kísérleteiben az ecetsavas Pb-oxid oldatba helyezett és esővízben nevelt növényeknél tapasztalta, hogy az esővíz a növényekből ecetsavas Pb-oxidot vett át. Tehát a talajba visszajuttatták azt, ami létükhöz nem szükséges. Daubeny pedig azt találta, hogy a szabadban napfény, eső és az atmoszféra hatásának kitett növény salétromsavas Sr oldattal való öntözésekor a felvett majd a gyökereken keresztül ismét leadott só eső hatására a gyökerektől egyre messzebb került. Bizonyos idő után a növény már egyáltalán nem tartalmazott Sr-ot. Berthier egyike a legkritikusabb és legpontosabb analitikusoknak. Tapasztalata szerint az egyik fenyő hamujában nem lehetett konyhasót kimutatni annak ellenére, hogy Norvégiában olyan talajon nőtt, melybe esőzéskor mindig kerültek oldható sók, elsősorban konyhasó. Ezt az esővízzel együtt fel kellett vennie a

fenyőnek. A konyhasó hiánya direkt és pozitív megfigyelésekkel magyarázható: a növény a létéhez nem szükséges anyagot visszajuttatja a talajba. Hasonló okokkal magyarázható a K-nitrátból és ammónium-kloridból keletkező az a K (Knop, Stohmann) ill. sósav (G.Kühn) leadása, melyet a növény nem tudott felhasználni.

A növény fejlődése a benne megtalálható hamualkotóelemek jelenlététől függ. Hiányuk a fejlődésnek határt szab, ill. részleges hiányuk a fejlődést gátolja. Más közvetlen bizonyítékok szerint az állandóan előforduló ásványi elemek nélkülözhetetlenek. Sok kísérletet végeztek, melyekben a növényeket hamualkotókkal vagy azok nélkül nevelték fel. A kísérletekkel nemcsak általánosságban akarták bebizonyítani az elemek szükségességét, hanem az egyes elemek funkcióit is fel akarták deríteni. Ez idáig csak az első célt sikerült elérni. Messze vagyunk még attól, hogy megértsük a tápelemek szerepét a növény szerves anyagainak képződésében és átalakulásában. Az eddig elvégzett vizsgálatok és kísérletek csak irányt mutattak a további kutatás számára.

De Saussure és más régebbi természettudósok rámutattak, hogy a bükköny, borsó, bab és kerti zsáza (*Lepidum sativum*) magjai nedves homokban vagy nedvesen tartott lószőr között kicsíráznak és bizonyos ideig fejlődnek. Amikor azonban a magban lévő ásványi anyagok már nem elegendőek, elsatnyulnak. Néha virágoznak ugyan, de magot legtöbbször nem teremnek. Wiegmann és Polstorff későbbi (1842) kísérletei hasonló eredményeket adtak. Ezek azért jelentősek, mert először bizonyították a hamualkotó elemek létfontosságát. Wiegmann és Polstorff kísérleteiket fehér kvarchomokban és ún. mesterséges szántóföldi talajjal végezték. A kvarchomokat izzították, királyvízzel kifőzték és desztillált vizes mosással savmentesítették. Ennek ellenére a homokban még mindig volt egy kevés el nem ronszolható szilikát. A 100 súlyrész homok összetétele a következő volt:

Kovasav	97.90	Fe-oxid	0.30
K-oxid	0.30	Ca-oxid	0.50
Al-oxid	0.80	Mg-oxid	0.01

A mesterséges szántóföldi talaj tisztított kvarchomokból állt, melyhez a növények hamualkotórészeit különböző vegyületek alakjában hozzáadták. A keverék a következőket tartalmazta g-okban:

Kvarchomok	861.26	Ca-foszfát	15.60
K-szulfát	0.34	Tőzagsavas K	3.41
Konyhasó	0.13	Tőzagsavas Na	2.22
Gipsz (vízmentes)	1.25	Tőzagsavas ammónium	10.29
Leiszapolt kréta	10.00	Tőzagsavas Ca	3.07
Szénsavas Mg	5.00	Tőzagsavas Mg	1.97
Mn-oxid	2.50	Tőzagsavas Fe-oxid	3.32
Fe-oxid	10.00	Tőzagsavas Al-oxid	4.64
Al-hidroxid	15.00	Oldhatatlan tőzagsav	50.00

Az utóbbi vegyületek előállításához általában híg kálilúggal főzték a tőzeget és a sötét színű oldatot hígított kénsavval csapták le. A csapadék a tőzecsav (mai megnevezéssel huminsav vagy humuszsav. Szerk.) nevű anyag, melyet káli- ill. nátronlúgban vagy ammónium-hidroxidban oldottak fel. A telített oldatok bepárlásával nyerték a lúgoknak a tőzeganyaggal alkotott vegyületeit. Amikor ezeket az oldatokat mésszel, magnéziummal és más sókkal hozták össze, akkor kapták a tőzecsavas meszet, -magnéziumot stb. (Mészhumátot, magnéziumhumátot stb. Szerk.). Humusz alatt a bomlásnak indult állati és növényi anyagokat értjük, melyek a termékeny szántóföldekből ritkán hiányoznak. Wiegmann és Polstorf a humuszt ilyen tőzeg-anyaggal helyettesítik. Ha a "tőzecsavat" vízzel tartósan forraljuk, akkor oldhatatlan módosulatba megy át, amit itt "oldhatatlan tőzecsav" névvel adtunk meg.

A kísérleti növények a következők voltak: bükköny (*Vicia sativa*), árpa (*Hordeum vulgare*), zab (*Avena sativa*), hajdina (*Polygonum fagopyrum*), dohány (*Nicotiana tabacum*) és vöröshere (*Trifolium pratense*). A tiszta homokban és a mesterséges szántóföldi talajban csírázott fiatal növénykéket ammóniamentes desztillált vízzel öntözték. Természetesen fejlődésük eltért. A homokon egyetlen növény sem jutott el a szemképzésig. Az árpa és a zab másfél láb magas lett. Szemek nem keletkeztek, a virágok elhervadtak és lehullottak. A *Vicia sativa* 10 colnyi magasságot ért el, virágzott, hüvelyek is kialakultak, de szem nem volt bennük. A here, mely már május 5-én kikelt, október 15-én érte el az 5 colos magasságot. A dohány kezdetben normálisan fejlődött, de júniustól októberig a növénykéek csak 5 col magasak lettek. Sok levelük volt, de száruk nem fejlődött ki. Valamennyi növény közül a bükköny látszott a legéletképesebbnek a homokon. Már június végén másfél láb magas volt, jelentősen bokrosodott és június 28-án kezdett virágozni. A virágzás folytatódott, termést azonban nem hozott. A mesterséges szántóföldi talajban valamennyi növény kiválóan fejlődött. A bükköny, az árpa, a zab, a hajdina gazdagon termett. A here október 10-én 10 col magas, sötétzöld és bokros volt. A dohánynak 3 lábnál is magasabb szára nőtt és sok levelet fejlesztett. Június 25-én kezdett virágozni, augusztus 10. táján megkezdődött a magképződés és szeptember 8-án érett tokokat szedtek le teljesen kifejlődött magokkal.

Külön kísérletben Wiegmann és Polstorf 28 zsáksamagot desztillált vízzel megnedvesített és finom platinadróton csíráztatott. A csíranövénykéket hagyták továbbfejlődni. A kísérlet végén a rendkívül satnya csíranövénykéek hamutartalmát meghatározva azt találták, hogy a hamu nem volt több, mint a 28 mag hamuja, azaz 0.0025 g. Míg a zsáksával végzett kísérletben a hamu mennyisége nem változott, a homokban és a mesterséges szántóföldi talajban nőtt növények-nél a gyarapodást ki lehetett mutatni. Természetesen ez a gyarapodás mind mennyiségi, mind minőségi szempontból igen egyenlőtlen volt. Így pl. hamvasztás után a homokon nevelt 5 dohánynövény 0.506 g hamut adott (5 dohánymag hamutartalma csak néhány milligrammnyi), ezzel szemben a mesterséges talajon nőtt 3 dohánynövényből 3.915 g hamut lehetett kapni. Ez azt jelenti, hogy 5 növény 6.525 g hamut tartalmazott volna.

A dohány kb. 13-szor több ásványi elemet tudott felvenni a mesterséges talajból, mint a homokból. A növények fejlődése arányban állt azzal a nagy különbséggel, ami a két talaj ásványianyag-készletében megmutatkozott. A mesterséges talajban ezen túlmenően a növények a teljes kifejlődésükhöz szükséges valamennyi anyagot megkapták trágya formájában, ami a tiszta homokról nem mondható el. Bármily csekély a homok oldható elemkészlete, valamennyit átadott a növényeknek. A kovasav és a csekély mennyiségű alkáliák jelenléte a száraz és levelek fejlődésére előnyösen hatott, de a magképzéshez szükséges anyagok hiányoztak belőle. A növények nem jutottak el a magképzésig. Hamujukban annyi foszforsavat találtak, amennyit a szemmel juttattak a talajba. A dohány hamujából (melynek magvai oly kicsinyek, hogy a foszfortartalma elemzéskor eltűnik) nyomokban sem lehetett kimutatni.

Amit az elmélet a homok terméketlenségének okáról biztonsággal előrejelzett, azt Wiegmann és Polstorf bebizonyították. A növények fejlődése terméketlen homokon a hozzáadott sóktól függött. Termékenységgel az a mesterséges talaj rendelkezett, melyhez tápelemeket kevertek. Az elemek jelenlétét a kifejlődött növényben, szárban, levelekben, magvakban ki lehetett mutatni. Mindez kétségtelenné teszi nélkülözhetetlen voltukat. Hasonló eredményeket kaptak későbbi kísérleteik során Boussingault, Salm-Horstmar, Magnus, Henneberg és mások. Boussingault 2 napraforgómagot ültetett kiizzított tiszta kvarchomokba, melyhez trágyaként napraforgóhamut és kálsalétromot adott. Az öntözést tiszta vízzel végezte, a növények normál levegőn fejlődtek. A május 10. és augusztus 22. közötti 104 nap alatt a 2 db 0.062 g súlyú napraforgómagból 6.685 g szárazanyag, azaz a mag súlyának 108-szorosa képződött. (Agronomie, Chimie agricole et Physiol. T.I, p.176). A fenti kísérletekkel még nem lehetett egyértelműen eldönteni, hogy valamennyi vizsgált hamualkotóelem nélkülözhetetlen-e? Salm-Horstmar és mások kutatásai kapcsán eleinte nehézségek merültek fel.

Nem volt ismert, hogy milyen formában és mennyiségben lehet ezeket az elemeket a talajba juttatni, hogy a növény ne károsodjon? A talaj mely tulajdonságai segítik a felvételt? A kezdeti ellentmondó és ingadozó eredmények azonban kijelölték a kutatás irányát. Az ún. vízkultúrák hiánykísérletekben felismerték a szükséges tápanyagok relatív értékét. A növények elégtelen fejlődését kezdetben sokszor bizonyos, gyakran csak minimális mennyiségben és talán véletlenszerűen előforduló elemek hiányának tulajdonították. A sikertelenség valódi oka gyakran a növekedés külső feltételeinek, mint pl. fény, hő stb. elégtelenségében volt. A vízkultúrák kísérletek felülmúlják a talajon végzett vizsgálatokat megbízhatóság és precizitás tekintetében. Önmagában véve is elég érdekes a vízkultúra módszer ahhoz, hogy részletesebben ismertessük. A növényeket itt olyan vízben nevelik, mely szénsavmentes, ugyanakkor a tápelemeket oldatban, ill. egyes tápelemeket szuszpenzióban tartalmazza.

Nem bizonyult könnyű feladatnak a vízkultúra módszer kidolgozása, hogy talaj nélkül a szárazföldi növényeket csírázástól érésig, szárazanyag-tartalmuk jelentős gyarapítása mellett sikerüljön felnevelni. Különösebb nehézség nélkül

megállapították, hogy mely alakban és milyen koncentrációban hatnak a feloldott növényi tápanyagok. Ezzel szemben más nehézségek merültek fel, melyeket csak fokozatosan lehetett kiküszöbölni. A szárazföldi növények nem a vízben élő társaikhoz hasonlóan passzívan szívják fel a tápelemeket. Ezzel kapcsolatban utalok e mű II. részére, valamint azokra az adatokra, melyeket a békalencse és vizes tápoldata összetételéről közöltem (Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 105. S.140). Hígabb oldatokat igényelhetnek és annak elemkészletét egyoldalúan veszik igénybe. A gyökereket körülvevő oldat összetétele és koncentrációja a növény további fejlődése szempontjából így rövid idő alatt kedvezőtlené válik.

Kiderült továbbá, hogy a növény állandóan lead anyagokat a gyökerein keresztül a környező oldatba, ami további (általában káros hatású) változást okoz. Knop és Stohmann megfigyelései szerint a semleges vagy gyengén savanyú tápoldat lassan lúgossá válik és már gyengén lúgos oldatban is kipusztulhatnak a növények. Handtke szerint az 1/1000 súlyrész K-karbonátot tartalmazó desztillált vízben a gabona gyökércsírája két nap alatt alig néhány vonalnyit gyarapodott, 8 nap után pedig teljesen megpuhult és elhalt. Eppen ilyen hátrányos hatása volt 1/3000 súlyrész K-karbonátnak. Csak a 10 000-szeres hígítás után nőtt a gyökér normálisan mint a kútvízben, bár akkor is lassabban. Ha a tápoldat lúgossá válik, akkor a gyökerek kénhidrogén keletkezése közben rothadnak el (Stohmann, Knop).

Az új ismeretek nemcsak az élő növényben lejátszódó kémiai folyamatokat helyezték más megvilágításba. Azt is megmutatták, hogy a termékeny talaj sajátos kémiai és fizikai tulajdonságokkal rendelkezik, melyek képessé teszik az oldatokban fellépő káros hatások kiküszöbölésére. A vízkultúrák kísérletezés során a kutató megismerte az akadályokat, majd megtanulta azokat kiküszöbölni. Megkísérelte a termékeny talaj sajátosságait valamilyen módon helyettesíteni. Azt tapasztalták, hogy a tápoldat nem tartalmazhat jelentősen több tápsót, mint 0.5 %-ot. Kis mértékben de állandóan savanyú kémhatásúnak kell lennie. Kis térfogatnál az oldatot időről időre ki kell cserélni és a gyökereket a fény hatásától megvédeni. Különös figyelmet kell szentelni a legmegfelelőbb hő- és fényviszonyoknak, valamint a gyökereket körülvevő tápoldat levegőztetésének.

Elsőként Sachs, Knop és Stohmann számoltak be a vizes tápoldatokkal elért sikereikről és ők vetették meg e módszer alapjait. Knop a kukoricát olyan vizes oldatban nevelte, mely K-ot, Ca-ot, Mg-ot, Fe-oxidot, foszforsavat, kénsavat és salétromsavat tartalmazott Ca-nitrát, K-foszfát és Mg-szulfát alakjában. A Fe-oxidot frissen kicsapott fehér színű vas-foszfát szuszpenzióként adta nyomokban. Kétféle oldatot készített 4 oldható sóból. Az A oldatban K-nitrát, Ca-nitrát és Mg-szulfát volt desztillált vízben oldva, a B oldatban csak K-foszfát. Az A oldat összetétele az alábbi (1 literben):

Salétromsav	2.160 g
Kénsav	0.495 g
Ca-oxid	0.684 g

Mg-oxid	0.233 g
K-oxid	0.940 g
Összesen	4.512 g

Az A oldat koncentrációja tehát 4.5 ezrelék, azaz 1000 rész oldatban 4.5 súlyrész volt az említett sókból. A B oldat 1 liter desztillált vizében 10 g K-foszfátot tartalmazott, tehát 10 cm³ oldatban pontosan 0.1 g sót. A két oldatot összekeverve állították elő azt a tápoldatot, melyben a kukoricának fejlődnie kellett. A keveréket végül kis mennyiségű Fe-foszfáttal egészítették ki. Knop a kukoricát lemerített térfogatú tápoldatba helyezte és a Fe-foszfát szuszpenziót a gyökerekre mosta. A növényt általában addig hagyta az oldatban, míg egy liter vizet párologtatott el, de a vízhiányt naponta pótolta. Ezután a visszamaradó oldatot megelemezte, a kukoricát pedig friss tápoldatba helyezte. Ilyen körülmények között a kukorica 7 periódus alatt fejezte be fejlődését. Az első 5 periódusban a növény nyolcszor kapott friss tápoldatot. Meg kell azonban jegyezni, hogy az ötödik periódusban nem adtak Fe-foszfátot, mivel a gyökerek akkorra már rozsdabarna Fe-oxiddal voltak bevonva. A hatodik és hetedik periódusban a növény desztillált vízben élt. Amíg az első 5 periódusban a kukorica 1-1 liter vizet párologtatott, addig a hatodikban 2 litert, a hetedikben pedig 3.5 litert.

A növénykísérlet 1861. május 12-én kezdődött a 6 leveles, 8 g-os fiatal csíranövény tápoldatba helyezésével és szeptember 4-én fejeződött be (aratás napja). A kukoricamagvakat Knop még áprilisban kezdte csíráztatni kimosott homokban. Május 12-én érték el ezek a csíranövények a 8 g súlyukat, bár szárítás után alig volt több szárazanyag-tartalmuk, mint a magvaknak. Az első periódus május 12-től július 12-ig tartott, amikor is 600 cm³ A, 12 cm³ B oldatot és 0.3 g Fe-foszfátot alkalmaztak három részletben. A jó gyökérfejlődés érdekében hígított oldattal kezdték és a 3. részben érték el a hígítatlan állapotot. A második, harmadik, negyedik és ötödik periódusban a kukoricát közvetlenül a hígítatlan tápoldatba helyezték. Periódusonként kb. 500 cm³ oldatot használtak:

Az I. periódus szakaszai (1861.V.12-VII.12.)			
Összetevők megnevezése	1.szakasz V.12-VI.1.	2.szakasz VI.1-VII.1.	3.szakasz VII.1-12.
<u>A</u> oldat, cm ³	100	200	300
<u>B</u> oldat, cm ³	2	4	6
Víz (hígításhoz), cm ³	198	96	-
Fe ₃ (PO ₄) ₂ g	0.1	0.1	0.1

Összetevők megnevezése	Periódus			
	II. VII.12-20.	III. VII.20-27.	IV. VII.27-VIII.1.	V. VIII.1-10.
<u>A</u> oldat, cm ³	500	500	500	500

B oldat, cm ³	10	20	20	30
Víz (hígításhoz), cm ³	-	-	-	-
Fe ₃ (PO ₄) ₂ · g	0.1	0.1	0.1	-

A VI. és VII. periódusban a kukorica desztillált vízben élt. A VI. periódus VIII.10-16, a VII. periódus VIII.16-IX.4. közötti időszakot jelentette. A csekély mennyiségű Fe-foszfáttól eltekintve a sóforgalom az alábbiakban jellemezhető g-ban kifejezve:

Összetevők megnevezése	Oldatban adagoltak	Növény felvett	A VI. és VII.périódusban a növény ismét leadott
Salétromsav	5.6160	5.6160	-
Kénsav	1.2870	0.5196	-
Foszforsav	0.5750	0.5730	0.007
Ca-oxid	1.7784	1.0534	0.059
Mg-oxid	0.6058	0.2184	0.007
K-oxid	2.8204	1.7454	0.019

Ebben az oldatban Knopnak sikerült egy egész kukoricát érésig felnevelni. A szeptember elején learatott növényen a cső 130 érett és csírázóképes magot termett. A teljes növény friss súlya 317 g, szárazsúlya 50 g volt és 8 % hamut tartalmazott. A Knop-féle tápoldatból hiányzott a konyhasó és a kovássav, holott ezek a talajban nőtt kukorica hamujának alkotóelemei, valamint hiányoztak az ammóniumsók is. A növény a számára szükséges N-t salétromsav formájában kapta, szénszükségletét illetően pedig kizárólag a levegő szénsavtartalmára volt utalva. Ugyanebben az évben Stohmann vízkultúrák kísérletei megerősítik Knop eredményeit. Az általa alkalmazott oldat a kukorica valamennyi tápelemét tartalmazta olyan arányban, ahogy azokat a közönséges kukorica hamujában ki lehetett mutatni. Egy másik eltérést jelentett Knop tápoldatától, hogy ammónium-nitrátot adott olyan mennyiségben, hogy az oldat 2 súlyrész N-re 1 súlyrész foszforsavat tartalmazott. Az oldat koncentrációja a kísérlet kezdete-kor literenként nem tartalmazott 3 g-nál több szilárd anyagot. Az elpárolgott vizet naponta pótolták és időnként foszforsavat adtak hozzá, hogy gyengén savanyú kémhatását fenntartsák.

Igen hasznosnak bizonyult a növény áthelyezése friss tápoldatba. Stohmann 2 kukoricánövényt tudott a szemek éréséig felnevelni. E növények a gyökerek kiindulási pontjától a növény csúcsáig 2.02 ill. 1.27 m magasságot értek el. Szárazsúlyuk 64.38 ill. 56.17 g volt 7.5 ill. 8.9 % hamutartalommal. A szemsúly az aratáskori növény súlyához viszonyítva (a hamu mennyiségének levonása után) a következő arányokat mutatta: 1:573 ill. 1:491. Tehát a hamumentes vetőmag súlyának átlagosan 530-szorosát érte el a kukorica vízkultúrában. Termékeny kerti földben egy kukoricaszem a vízkultúrában termettnél 7-15-ször több szerves anyagot szolgáltat aratáskor.

Említettük, hogy a Knop által használt tápoldat nem tartalmazott kovasavat és klórvegyületeket, bár a közönséges kukoricaszár hamujában Ruschauer 29 % kovasavat és 6.25 % konyhasót, Way pedig a szárban és a levélben 38 % kovasavat és 2.5 % konyhasót talált. Nobbe kimutatta, hogy a hajdinának szükséges a klór. A növény jól fejlődött olyan tápoldatban, mely a Knop-féle oldat fő alkotóelemei mellett jelentős mennyiségű KCl-t (nem NaCl-t!) tartalmazott. Egyik hajdina növénye 2.74 m szármagasságot ért el, 115 ága, 946 levele, 521 fürtös virágzata, 796 érett és 108 fejletlen termése volt. Az egész növény légszáraz súlya 119.7 g (ebből 22.6 g érett mag!), vagyis a mag súlyának 4786-szorosát érte el fejlődése során (Landw. Versuchsstat. 1868. S. 3.). Bármily soknak tűnik ez a hozam, mégis sokkal kevesebb, mint amit egyetlen hajdinamag termékeny szántóföldi talajban teremni képes.

Siebert, Leydhecker, Beyer, Lucanus, P.Wagner szintén a Cl jelentőségét hangsúlyozták. Leydhecker szerint a Cl-mentes tápoldatban nevelt hajdina megtermékenyülése nem következett be. "A fürtös virágzatok elhervadtak és leszáradtak anélkül, hogy termés képződött volna." Hasonló megfigyelései voltak Beyernek zabbal, valamint a Wilh. Wicke laboratóriumában dolgozó Wagnernak kukoricával. A Cl-mentes oldatokban nevelt növények pollenmentes, megtermékenyítésre alkalmatlan hímvirágokat teremttek. A nővirágok részben egészségesek voltak. A kerti növényről származó pollennel meg lehetett termékenyíteni a virágokat és 5 kicsi, érett, csírázóképes mag termelt rajtuk.

Knop régebbi és újabb kísérletei ezzel ellentétben állnak. Az általa 1868. nyarán teljesen Cl-mentes oldatban felnevelt kukorica majdnem 1 m magas lett és érett magvakat hozott. Ez a szemtermés a korábbi kísérletben kapotthoz képest (130 szem) feltűnően csekély. Knop utóbb olyan tápoldatot adott a hajdinának, mely kénsavas és foszforsavas sókat tartalmazott, de hogy klórmentes lett volna, erről nem szól semmit. Két hajdinanövény Cl-mentes oldatban csak 25 db szemet termelt, ami a Nobbe által Cl-tartalmú oldatban nevelt növény terméshozamához képest (796 érett és 108 éretlen szem) rendkívül kis mennyiség. Ezzel szemben Knop közli, hogy a 0,25 % KCl-t tartalmazó oldatban nevelt hajdinanövény steril maradt. Látható tehát, hogy mennyire bonyolult szárazföldi növényt tápoldatokban felnevelni. Nobbe is említi, szerencsés kezűnek kell lenni a sikeres kísérlet elvégzéséhez. Feltétlenül további kísérletek szükségesek a Cl növekedésre és szemképződésre való hatásának tisztázásához. A konyhasó szemtermést növelő ereje talajon már régóta ismert. Hatásmechanizmusáról az első magyarázatokat magam kíséreltem megadni, amikor a foszfátokra gyakorolt befolyását vizsgáltam. Az értelmezés során a Münchener Mezőgazdasági Egyesület Igazgató Bizottságának trágyázási kísérletét is segítségül vettem. Eszerint a konyhasó elősegíti a szemképződéshez nélkülözhetetlen tápelemek felvételét a talajból.

Az 1864. évi müncheni kísérletek megmutatták a konyhasó direkt hatását a vegetációra. Miközben a növényi szervezet alkotóelemévé válik, fokozza a föld feletti részek növekedését a föld alatti részek rovására. Így a szemtermések is nőnek (Zöller, Journ. f. Landw. 1867). A szemtermés növekedését Lehmann is megfigyelte azonos szuperfoszfát trágyázásban részesült két kerti földdarabon,

melyek közül az egyik konyhasót is kapott. A konyhasóval kezelt nagyobb bab és borsó szemtermést adott. A növények leveleit és szárait elemezve megállapította, hogy a konyhasóval trágyázottak sokkal kevesebb N-t tartalmaznak, mint a kis termésű kontroll növények. Salm-Horstmar és Zöller vizsgálatai alapján a Na is szerepet játszhat némely gabonamagvak (pl. az árpa) képződésében. Stohmann megfigyelései szerint a Na-mentes oldatokban a kukorica más habitust mutat. A hosszú és széles levelek helyett rövid, hirtelen csúcsosodó formák alakultak ki. A hímvirágzat lassabban és gyengébben fejlődött, mint a női. Knop azonban növényeit Na-mentes oldatokban nevelte anélkül, hogy különösebb különbséget vett volna észre a levelek és a virágzat fejlődésében. Stohmann kísérleteiben feltehetően még más tényezők is hatottak. A kukorica habitusában beállt változásokat nem lehet egyedül a Na hiányának tulajdonítani. Megjegyezzük, hogy Knop kísérleteiben a kukorica májustól augusztusig 15 levelet hajtott, melyek közül a középsők 7 cm szélesek és 60 cm hosszúak voltak.

Knop szerint tehát a kovásv, a Cl és a Na elhagyása a kukorica létét nem veszélyeztet. Stohmann kísérleteiben a Mg vagy a Ca hiánya gátolta a növény fejlődését. Ha a tápoldatba Ca-nitrát helyett *equivalens* mennyiségben Mg-nitrátot adtak, gyorsan visszaesett a kukorica fejlődése és csak néhány kicsi, vékony levél jelent meg. Ha újra Ca-nitrátot juttattak az oldatba, akkor már 5 óra elteltével "felébredt" a 4 héten keresztül stagnáló vegetáció és a növény további fejlődésében nem jelentkezett gátlás. A Mg hiányát sem lehetett Ca-mal pótolni, a növény ugyanolyan gyatrán fejlődött. Amikor Mg-nitrátot kapott az oldat, azonnal jelentkezett az adalék előnyös hatása.

Más növényekkel végzett kísérletek is azt mutatták, hogy a Ca és a Mg egyaránt nélkülözhetetlen. Wolf zabbal végzett kísérleteiben az eredeti tápoldat Ca- és Mg tartalmát 1/8-ára lehetett csökkenteni a benne fejlődő növények károsodása nélkül. További csökkentéssel az aratáskori súly is kisebb lett volna. A két alkáliföld-féleség nélkülözhetetlen voltából arra lehet következtetni, hogy mindegyik elem önálló élettani funkcióval rendelkezik és nem helyettesíthetik egymást. Stohmann megfigyelése szerint azok a növények, melyek kezdeti fejlődésekor a Ca hiányzott főleg női, a Mg-hiányosak pedig terméketlen hímvirágzatokat képeztek. Ennek a megfigyelésnek igazolódása irányt mutathat a Ca és a Mg szerepére a szerves életfolyamatokban. Egészében véve ma még azt mondhatjuk, hogy nem ismerjük a jelentőségüket. A Ca és a Mg a szemek és levelek alkotóelemei közül sohasem hiányoznak, de mennyiségük még ugyan-abban a növényféleségben is változó, mivel tömegük egymással fordított arányban áll. Ha a hamuban nagyobb a Mg tartalom, akkor kisebb a Ca tartalom és fordítva. Ebből bizonyos értelemben a kölcsönös helyettesítésükre lehet következtetni. Ez azonban azáltal válik bizonytalanná, hogy a növényi hamuból sohasem hiányzó K-tartalom esetleg mindkét említett alkáliföld-féleséggel felcserélhető.

A Mont Brevenből származó lucfenyő hamujában De Saussure K-ot, Ca-ot és Mg-ot talált. A két utóbbit 1:7 arányban. A Mont la Sallból származó lucfenyő hamujából viszont a Mg hiányzott. Ebből levonható lenne az a következtetés, hogy a faszövet számára a Mg nem nélkülözhetetlen. Azonban a Mont la Sall-i lucfenyő

hamujában kétszer annyi K volt, mint a Mont Breven-iben. Felmerül, hogy a Mont Breven-i lucfenyő fájából hiányzó Mg-ot kizárólag a Ca helyettesítette-e, vagy a K is jelentősen részt vett ebben. Az alkáliföldfémek és a K ilyen jellegű cseréje gyakran fordul elő. Különösen feltűnő a magyarországi dohányfélékben, melyek trágyázatlan talajon nőttek. A Bánátból származó dohánylevelek hamuja majdnem azonos Ca-tartalom mellett K-ból csak 2/3 annyit vagy még kevesebbet tartalmaz, mint a debreceni. A Mg viszont az utóbbiakban kb. kétszer annyi, mint a többiben. Négy másik bánáti dohányfajta levelének K-tartalma a debreceninek csak 1/3-a, míg Ca-tartalmuk mintegy 50 %-ot tesz ki. Hasonló Mg-tartalom esetén a bánáti és a debreceni dohánylevelek hamuja csak 27 % Ca-ot tartalmaz. Ugyanazon növényen belül ekkora eltérések nem fordulhatnak elő véletlenül az említett 3 elem koncentrációjában.

Különböztetve kell venni, hogy a talajban fölös mennyiségben jelenlevő tápanyag hatása a növény százalékos összetételében mindig kifejezésre jut és ezért a hamu alkotóelemeinek arányára hatással van. A négy tőzeget táptalajon beállított müncheni kísérletből származó érett babszár hamujában a következő elemeket lehetett találni (%):

Elemek megnevezése	Tőzeget kontroll	Tőzeg foszforsavval	Tőzeg káliummal	Tőzeg nátriummal
Na-oxid	1.50	1.21	0.64	5.10
K-oxid	28.43	29.37	58.25	33.04
Mg-oxid	13.32	8.76	7.92	8.10
Ca-oxid	22.51	33.78	12.10	17.08
Foszforsav	4.18	14.14	3.39	3.85
Hamu a szárazban	8.51	9.88	9.64	9.03

Ezenkívül a hamu összetételét a növényfaj és a növényi szervek kora is meghatározza. Minél fiatalabb a növény, annál több kálium és foszforsav, s minél idősebb annál több mész és kóvasav van a hamujában (Zöller).

A K minden növényenél szükséges tápelem, Na-mal egyetlen esetben sem lehetett helyettesíteni. A növények hamujából sohasem hiányzik a foszforsav, K, Fe, Ca és Mg. Ebből már korábban azt a következtetést vontuk le, hogy a növény számára feltétlenül szükségesek. A következtetés azonban csak ezen a tényen alapult. Valójában a vízkultúrák tették lehetővé egyik vagy másik elem elhagyását, a hiány megjelenését és ezzel a szükségesség bizonyítását. A hiányzó tápelemet pótolva a növények tovább tudtak fejlődni. Továbbá a vízkultúrákkal azt is ki lehetett mutatni, hogy a növények a szén kizárólag a levegőből a leveleken keresztül veszik fel, a humusz jelenléte a növények fejlődése szempont-jából nem játszik lényeges szerepet.

A vízkultúrák segítségével Knop bizonyította, hogy a növények gyökerei szénsavat adnak le. De Saussure ugyan már jóval korábban észrevette ezt a jelenséget, de a szénsav-kiválasztás eredete bizonytalan maradt, mivel De Saussure egyidejűleg O-felvételt is tapasztalt, ami részt vehetett a gyökérszövetekben

lejátszódó szénsav-képződésben. Később magam is kimutattam, hogy sértetlen gyökerű zöldségfélék desztillált vízbe helyezve a víznek szénsavat adnak le. De Knop elsőként állapította meg nemcsak a szénsav-kiválasztást hanem azt is, hogy eközben a növények C-tartalmú anyagokat fel is vesznek. Azt találta, hogy miközben a 200 g élő súlyú kukorica tömege 8 nap alatt 45 g-mal gyarapodott, naponta átlagosan 150 % szénsavat adott le a tápoldatnak. Amikor a levegőtől elzárták, a szénsavkiválás megszűnt. A babnál csak éjszaka lehetett szénsav kiválasztást tapasztalni, nappal soha, még borult idő esetén sem.

Corenwinder tapasztalatai szerint a növények (*Cuphea*, *Eupatorium cannoberum* és a káposztafélék) gyökerei sem gázalakú, sem vízben oldott szénsavat nem tudnak felvenni, sőt még a szénsavtartalmú víznek is adnak le szénsavat (1867. 1. Vol. Mem. de la Soc. Journ. des Sciences de Lille). Végül kísérletekkel igazolták, hogy a növények elhalnak és életműködésük abbamarad, ha leveleik szénsavmentes levegőben vannak. Mindez még abban az esetben is bekövetkezik, ha gyökereik szénsavtartalmú közeggel érintkeznek (Journ. Pharm. Chim. T.50. (4) p. 209.). Ezekre a megfigyelésekre, valamint a gyökerek és levelek eltérő élettani funkcióira támaszkodva fel lehet tételezni, hogy a szénsavat csak egyetlen szerv, a levél (nem pedig a gyökér) tudja felvenni. Ez a szénsav szükséges a talaj feltárásához, a szilikátok mállásához, az alkáli- és alkáliföld-fémek vegyületeinek feloldódásához és elterjesztéséhez. A növények tehát jelentős mértékben járulnak hozzá a talaj termékenységének emeléséhez.

Az itt közölteket azonban nem lehet minden további nélkül a talajon fejlődő növényekre vonatkoztatni. A diffúzió szabályai szerint a gyökereknek szénsavat kellett átadni a szénsavmentes tápoldatnak, mely úgy hatott a növényekre mint egy szivattyú. Ha némely növény nem vagy csak kevés szénsavat adott le, akkor ezek a növények vagy nem vettek fel a levegőből szénsavat, vagy a felvétel arányában asszimilálták. Épp ily kevéssé bizonyító erejűek Corenwinder kísérletei. Kétséges, hogy a növényei egyáltalán éltek-e és milyen eredetű volt a leadott szénsav. Vajon oxidáció útján jött-e létre, vagy a növények belseje esetleg gazdagabb volt szénsavban, mint az őket körülvevő folyadék? A növény a talajban más körülmények között van, mint a vízben vagy a szénsavmentes tápoldatban. A gyökereket körülvevő levegő sokkal gazdagabb szénsavban, mint az atmoszférikus, és a talajoldat is telített. Ezért kérdéses, hogy előfordulhat-e bármilyen csekély mennyiségű szénsavleadás a környezetnek. Számos adat bizonyítja ugyanakkor, hogy a gyökerek szénsavat fel is vehetnek a talajból. A tápoldatos kísérletek eredményeit fenntartással kell e téren fogadnunk. Kevésbé megalapozottnak tűnik az a következtetés is, hogy a növények kizárólag a leveleiken keresztül veszik fel a szénsavat. Mindkét esetben csak olyan kísérletekkel lehet eldönteni a kérdést, melyek minden feltételt figyelembe vesznek. A korlátlan tápanyagszolgáltatás ellenére csekély a terméshozam a vízkultúrákban. Feltehetően azért, mert a tápanyagok más formában kerülnek a növényekkel érintkezésbe, mint a talajban.

A tápoldatban lévő bázisok erős ásványi savakhoz (mint pl. kénsav, salétromsav és foszforsav) kapcsolódnak, némelyek pedig fém-kloridok alakjában

állnak a növények rendelkezésére. A Ca, Mg és K növényi felvétele csak úgy lehetséges, ha ezek a bázisok a velük kapcsolatban lévő ásványi savaktól el tudnak válni. G. Kühn vízkultúrák kísérletei szerint a növények gyökerei a sósavat ki tudják választani, vagy a fém-kloridokat el tudják bontani és belőlük bázikus anyagokat felvenni. A növényeknek ez a képessége azonban csekély. Az említett kísérletekben a növények tömege alig gyarapodott és a gyökereket körülvevő savanyú oldat a növekedésre káros hatást fejtett ki. Egészen más a helyzet, ha a bázisok olyan savakkal vannak összekapcsolódva, melyek az egyik vagy másik elem felvétele során a növényi szervezeten belül lebonthatók vagy közvetlenül asszimilálhatók. Amennyiben a savak és a bázisok egyidejűleg hasznosulnak, a sók előnyös hatása félreismerhetetlen.

A semleges vagy gyengén savanyú tápoldatok lúgos kémhatásúvá válása azt bizonyítja, hogy az alkáliához kötött savak lebomlanak, mégpedig legkönnyebben a salétromsav, nehezebben a kénsav épül le, míg a foszforsav nem alakul át. Ezzel magyarázható, hogy a salétromsavas sókat (nitrátokat) tartalmazó tápoldatokban a növények jobban fejlődnek és nagyobb a zöldtömeg-hozamuk. P. Wagner klór- és nitrátmentes oldatokkal végzett kísérletei azt mutatják, hogy nitrát nélkül is lehet eredményeket elérni. A tápoldat szintén lúgos kémhatású lett feltehetően a kénsav elbomlása miatt, hiszen a keletkező fehérjék S-tartalma csak a kénsavból származhat. Lehmann megfigyelései szerint amikor herét, fűvet és valószínűleg bármely más zöld növényi részt vízben forralunk, kénhidrogén képződik. A megfigyelést magam is meg tudom erősíteni, mely szintúgy kétségtelenné teszi a kénsav elbontását.

A nitrátmentes oldatokban tartott növények fejlődése korlátozott. Wagner kísérleti növényeinek aratáskori legnagyobb súlya 20.22 g volt mindössze, amely Knop és Stohmann salétromsavas tápoldatokban elért hozamaival összevetve gyenge teljesítményt jelez. Mindez valószínűleg nem írható csupán annak rovására, hogy az oldatokból a Cl-vegyületeket elhagyták. A vízkultúrákkal kísérletezők tápoldataikat meglehetősen tetszés szerint állították össze és más-más koncentrációkat használtak, mely sokat elvesz vizsgálataik értékéből. A fejlődés különböző szakaszaiban a növény tápelemigénye változik. Egy-egy elem felvételét más elem gátolhatja, mely a gyökerek membránján történő diffúzióban nyilvánul meg. Végül pedig a különféle növények tápelemfelvevő képessége is eltér. Mind-ebből talán némely ellentmondás megmagyarázhatóvá válik. A vízkultúrák kísérletek bizonyították, hogy N-forrásul kizárólagosan a nitrátok is szolgálhatnak, sőt az ammóniumsókat tartalmazó oldatok kevésbé alkalmasak vízkultúrák növénykísérletekre, mint a nitrát formákat tartalmazók. Végül Knop és Stohmann hangsúlyozták, hogy valamennyi ammóniumsó közül az ammónium-nitrát asszimilálható a legkönnyebben. Ez feltehetően a salétromsav növényi elbonthatóságának következménye, mely megkönnyíti az ammónia felvételét. Az erős savak ugyanis gátolják az ammónia belépését. Azt a véleményt, hogy az ammónia önmagában nem tápanyag és csak akkor válik hatékonnyá, ha átalakul salétromsavvá, a vízkultúrák kísérletek semmiképpen sem támasztották alá. Sőt Hampe, Kühn és Wagner újabb kísérletei éppen hogy megingatták. Nemcsak olyan N-vegyületek

felvehetők, mint a karbamid, kreatin, salétromsav, hanem az ammónia is foszforsavas formájában.

Ezzel nem tagadjuk, hogy a talajban levő nitrát az ammóniával egyenértékű N-forrás. A legtöbb növény nedvében együtt fordul elő az ammónia és a salétromsav, sőt Schönbein megfigyelései szerint gyakran a salétromsav sói is megtalálhatók. A talajból származó salétromsav Ca, Mg, ritkábban K elemekkel áll kapcsolatban és feltehető, hogy felvételét a bázisok iránti szükséglete is befolyásolja. Az ammóniához hasonló szerkezetű N-tartalmú vegyületek képződését nem lehet egykönnyen a salétromsavból levezetni. Nagy mennyiségű nitrát előfordulása a dohányban inkább a gyökerek luxusfelvételére utalhat, amikor nikotin és más szerves anyagok képzéséhez fel nem használt mennyiség a levél nedveiben halmozódik fel.

A vízkultúrákat illetően sok kérdés vár még megoldásra, az ásványi táplálásra vonatkozó ismereteink gyérek. Az oldatok esetenként lúgossá válhatnak amiatt, hogy a gyökerek bázisokat adnak le az oldatba, mert több nitrátot használnak fel a szervezet, mint amennyi kationt igényel. Ha mindkét komponens azonos arányban maradna a növényben vagy több alkálifémre lenne szüksége, akkor nem kerülne alkálifém az oldatba. Az utóbbi esetben a N-nek kellene kilépnie, vagy a N-t kellene másik vegyületté alakítani. Ilyen irányú vízkultúrás kísérletek érdekes élettani eredményekre vezethetnének, azonban nem szabad több és különösen nem a gyakorlati mezőgazdaságra vonatkozó következtetést levonni. A gyakorlat a hangsúlyt olyan eljárásokra helyezi, melyekkel nagyobb terméseket lehet elérni. A vízkultúrákban minden nem valósítható meg. A tápoldatos vizsgálatok során felvetett elvi kérdések meglehetősen közömbösek a gyakorlat számára.

A talaj tápanyagainak sajátossága és formája különbözik a tápoldatokétól. Tulajdonképpen csodálkozhatunk azon, hogy a növény olyan sók oldatában is teljesen kifejlődik, melyek összetétele a talajban mozgó vízával nem, vagy csak igen ritkán egyezik meg. A vízkultúrákkal kapott eredmények megítélésénél elengedhetetlen a talajkultúrákban nyert tapasztalatok figyelembevétele. Termékeny talajban a növény átalakulásához és asszimilálásához minimális munkát kell befektetni. A vízkultúrákban nagy kémiai ellenállást kell legyőzni, ezért a felvett tápanyagok mennyiségei ill. a tápelemigény különböző. A magvak hamuösszetétele közelálló, a vizes oldatokban nőtt növények leveleiből és száraiból képződött hamu azonban általában kétszer annyi, mint a talajban fejlődötteknél. A hamuelemzések összehasonlítása érdekes eredményekre fog vezetni. Vízkultúrában ügyelnünk kell a kísérletekhez felhasznált csíranövények azonos fejlettségi állapotára. Ez a feltétel nehezen teljesíthető, míg talajon az azonos méretű magokból közel azonos fejlettségű növényeket fogunk kapni. A szárazföldi növény gyökerei másképp viselkednek a többször kiszáradó talajban, mint a vizes oldatban. A gyökereket hamar bevonja a pararéteg és csak a fiatalabb hajszálerék rendelkezik tápanyagfelvő képességgel.

Knop korábban ismertetett adatai szerint a kukorica fejlődhet kovasav és konyhasó nélkül. Más irányú megfigyelések szerint azonban a kovasavat bizonyos esetekben helyettesítheti a mész, míg a konyhasó hasznos közvetett és közvetlen hatást gyakorolhat a növény növekedésére. Beépülve előnyösen befolyásolja a növekedés irányát és az anyag vándorlását. Fokozza a föld feletti részek növekedését és csökkenti a magképződés elemigényét, elősegítve ezzel a szemképződést. Mindez a szemtermést növeli. Hasonló az ammóniumsók és a nitrátok hatása a talaj foszfortartalmára, a föld feletti növekedésre és ezzel a szemtermésre. E tekintetben a konyhasó ammónia- és nitrátvegyületekkel helyettesíthető. Más részről azonban a konyhasó hiánya csökkenti a föld feletti részek növekedését, valamint a virág- és szemképzést is. Ilyenkor a növényben több szemképző alkotó marad vissza.

Pincus hereföldet trágyázott gipsszel. A here virágainak, leveleinek és szárának relatív és abszolút aránya megváltozott. A trágyázatlanon 100 súlyrész szénához 17, míg a gipszszetten kb. 12 súlyrész virág tartozott. Utóbbi holdanként közel egyharmaddal több szénát és 3 %-kal kevesebb virágot adott, tehát a gipszezés kedvezőtlen lehet a virágok képződésére. Ismert, hogy a gipsz a here hozamát elsősorban talajkémiai hatásával fokozza közvetett úton. Bizonyos tápanyagok oldhatókká válnak és jobban széteszlanak, a gyökerek több felvehető tápelemet találnak. Könnyen belátható, hogy a "tápanyag" fogalmát nehéz meghatározni. Ha a növényi részek összetételéből akarjuk levezetni, akkor azok források, melyek az elemeket szolgáltatják. A növény azonban szerves élőlény is. A benne zajló átalakulások egyéb anyagokat is igényelnek, melyek elemei kémiai értelemben nem válnak a növényi szervezet részévé. Elhagyásuk viszont a "tápanyag" vegyületcsoport súlyát csökkenti. Így pl. az állati élet fenntartásához abszolút mértékben nélkülözhetetlen az O, mégsem számítjuk az állati "tápanyagok"-hoz. Hasonlóképpen a növény vizet igényel nemcsak H-tartalmú anyagai előállításához, hanem fennmaradásához, tápanyagainak felvételéhez, a belső szervezetében végzett munkához. A szénsavnak nemcsak tápértéke van a növény szempontjából, hiszen képes a talaj vízben oldhatatlan tápanyagait feloldani és felvehetővé tenni.

Az elemek szükségességének elbírálásánál a hasznosságot is tekintetbe kell venni. Bizonyos növények mindig tartalmaznak kovasavat és konyhasót, vízkultúrában viszont e nélkül is felnevelhetők egészen virágzásig sőt szemtermésig. Ebből az élettanilag érdekes tényből még nem következik, hogy a szokásos termőhelyi körülmények között (fény, hőmérséklet, nedvesség és szárazság váltakozása) a növény fennmaradásához és fejlődéséhez ne lennének hasznosak, sőt nélkülözhetetlenek. Előfordul, hogy két különböző burgonyafajta közül az egyik megbetegszik elfeketedett, elhervadt levelekkel és szárakkal. A szomszédos földön ugyanakkor a betegségnek semmi jele, a fajta ellenállt, pedig ugyanazok a külső körülmények. Ez a jelenség olyan tényezőkön alapszik, mint a talaj tápelem-tökéje, ill. a növényfajták eltérő asszimilációs képessége. Két különböző növény-fajta levelének és szárának hamujában sem az alkotóelemek mennyisége, sem aránya nem azonos. Sőt ugyanannál a fajtánál is megfigyelhetünk eltéréseket, ha eltérő

talajtípuson nőttek. A trágyázás függvényében is változhat ugyanazon fajta betegségekkel szembeni viselkedése. Egyes vidékeken a mész és hamutrágyázást éveken át eredményesen alkalmazták a burgonyabetegséggel szemben.

Itt a burgonyával végzett ún. "Müncheni Kísérletekre" (1863 és 1864) szeretnék utalni. Az első kísérletet nem a burgonyabetegség okainak kiderítésére állították be. Kérdéses, hogy a növények egyáltalán a talajban fertőződtek-e? Betakarításkor a burgonya levelei látszólag mindenütt épek és egészségesek voltak. Tárolás alatt a gumókon foltok képződtek a kezeletlen tőzegen termetteken, valamint a foszforsavval és ammóniával trágyázottakon. A foszforsavval vagy káliummal kezelt tőzegen termettek egészségesek maradtak és magas K-tartalommal tűntek ki. A következő évben a kísérletet megismételték. A betegség már korán jelentkezett, a lomb mindenütt csaknem teljesen tönkrement és ezért a gumók fejletlenek lettek. A téli tárolás során azonban valamennyi egészséges maradt. Sajnos kémiai elemzésre nem került sor. Mint fiatal gumóknak feltehetően nagy volt a K-tartalmuk és úgy viselkedtek, mint az 1863. év kálium és foszforsav trágyát kapott kezelései.

A külső káros hatásokkal szembeni ellenállást segítő anyagok a növény normális létéhez szintén szükségesek, bár nem olyan értelemben nélkülözhetetlenek mint a tápelemek. Nem ismert még kellőképpen az ásványi tápanyagok hatásmechanizmusa és szerepe, valamint a magvak ill. növényi nedvek összetételére gyakorolt hatása. Tág tér nyílik a növényélettani kutatások előtt. A foszforsavról tudjuk, hogy a magvak és nedvek mással nem pótolható alkotórésze. A salétromsav és az ammónia mint N-források egymást helyettesíthetik számos növénycsalád esetében. Úgy látszik, hogy a karbamid, kreatin és a húgysav is képesek N-t szolgáltatni. A S szintén szükséges és pótolhatatlan a S-tartalmú fehérjék képzéséhez.

Mayer, Zöller, Fehling, Faist és mások gabonaszem elemzése szerint a foszforsav és a fehérjék között kapcsolat áll fenn. Ha az egyik mennyisége nő vagy csökken, akkor a másik mennyisége is ezt teszi. A fehérjék (a siker, kazein stb.) képződését tehát a foszforsav jelenléte határozza meg. Ritthausen legújabb vizsgálatai igazolták is, hogy a növényi fehérjék foszforsavas vegyületek, melyek oldhatósága, ill. növényen belüli vándorlása és lerakódása függ az alkáliák jelenlététől, melyekkel vegyületeket képesek alkotni. Ehhez hasonló a vas jelentősége a zöld festékanyag, a klorofill létrejöttében. A vas kis mennyiségben található, de hiányában a növények "sápkórosak" lesznek és elkorcsosodnak. Knop adatai szerint vasmentes oldatokban fűféléket és hajdinát nem lehetett termesztetni. A kukorica és a borsó azonban ilyen oldatban is tudott fejlődni és leveleik az egész növekedési periódus alatt élénk zöldek voltak. (Chem. Zentralblatt 1864. 6. és 9. old.)

Kevésbé nyilvánvaló az alkáliák szerepe (különösen a K-é) a cukor és más hasonló szénhidrátok képződésénél. A cukorban gazdag növényi nedvek ill. a keményítőben gazdag gumók és gyökerek sok K-ot tartalmaznak, mely azonban

sem a cukorral, sem a keményítővel nem áll kémiai kötésben. A K és az alkálifémek a növényi savak sóinak alakjában fordulnak elő, mint pl. a savanyú oxálsavas, citromsav, borkősav stb. sók. Valószínű, hogy a cukor és a keményítő főként ezekből a savakból keletkezik, nem pedig közvetlenül a szénsavból. Mivel az alkálifémek részt vesznek a savak képződésében, részesei ezáltal a cukor és más szénhidrátok szintézisének. Mindez a szerves élet-folyamatban játszott szerepüket megmagyarázza. Az alkálifémek segítik a szén-sav asszimilációját és átalakulását szerves alkotókká.

A növényből kiváló gumiról tudjuk, hogy mindig jelentős mennyiségű Ca-ot, Mg-ot és K-ot tartalmaz. Az ún. arab gumifajták bázisok arabinnal alkotott sószerű vegyületei. Az arabin savanyú kémhatású és a gyenge sav valamennyi tulajdonságával rendelkezik. Mész a cellulóz és a sejtfal képződésében vesz részt, a rétegek közé lerakódik és teljes mértékben helyettesítheti a kavasavat. Számos sejtmembránt ui. úgy kell tekinteni, mint a cellulóz és különböző szerves anyagok (mész, kavasav) diffúziós termékét. Hasonlóan, mint a vulkanizált kaucsukot a kaucsuk és a kén diffúziós termékének tekintik. A rétegek közé lerakódó mész vagy kavasav nélkül nehéz lenne eltérő tulajdonságú sejtmembránokat elképzelni. Kavasav vagy mész hiányában a Ca-foszfát lát el hasonló funkciót.

A növények fejlődésük kezdetén nagy mennyiségben vesznek fel K-ot és alkálifémeket. A fiatal levelek és hajtások hamujában a K a fő alkotó. A szerves anyag, a cellulóz képződésével együtt nő a levelek mész- és kavasavtartalma (Zöller). Ezt a jelenséget az árpaszem képződésénél is megfigyelte a szerző. Az élő növények leveleiből és száraiból az alkálifémek és a foszforsav a törzs ill. a gyökerek irányába vándorol. Zöller a fiatal bükkfalevelek hamujában 30 %, a virágzó spárga szárában 34 % K-ot talált, míg az ősszel leszedett és elhervadt levelekben 1-4 %-ot, az érett termést hordozó spárga elhalt száraiban 12 %-ot. Ezzel szemben a bükkfalevelek Ca-tartalma 10 %-ról 34 %-ra emelkedett a korról. A virágzó spárga hamujában 9 % meszet lehetett találni, míg az elhalt spárgaszárakban 24 %-ot.

A foszfor felvétele egyenletes a tenyésztő folyamán és megfelelő N-ellátás esetén a fehérje mennyisége hasonló mértékben nő. Arendt szerint a növények felső részei több Mg-ot tartalmaznak mint az alsók, és a gabonaszemek különösen gazdagok Mg-ban. A hamu bázikus alkotóelemeit tekintve a Mg a K-ot követi. Összefoglalóan megállapítható, hogy a talaj tápanyagszolgáltatása révén aktívan részt vesz a növény fejlődésében és befolyásolja életfolyamatait. A korábbi "talajerő" fogalom tehát számos anyagi természetű dolgot, mint pl. a talaj foszforsav, kén, mész, magnézium, kálium (nátrium), vas, konyhasó és kavasav készletét is magában foglalja. A talaj termékenysége azonban még más körülményeket is feltételez, melyek a termés nagyságát és állandóságát meghatározzák.

A szántóföld eredete

Idővel a legkeményebb kőzetek és hegyek is elmállanak, a kőzetek maradványai és törmelékei képezik a szántóföldet. A felaprózódás részben mechanikai, részben kémiai úton történik. Ahol a hegységeket egész évben vagy az év egy részében hó fedi, a legkeményebb sziklák is törmelékké esnek szét, melyek aztán a gleccserek mozgásától lekopnak vagy porrá őrlődnek. Mindezt gyakran megfigyelték az Andokban éppúgy, mint a Tűzföldön (Tierra del fuego). Scoresby a Spitzbergákon tapasztalta, hogy a sziklák összetöredeznek a fagy hatására (Darwin, 388. old.). A gleccserekből keletkező patakok és folyók a finom törmeléktől zavarosak, melyek aztán a völgyekbe ill. síkságokra lejutva termékeny talajként lerakódik. "Számptalan esetben láttam sokezer lábnyi vastag talaj, homok és hordalék lerakódásokat. A jelenlegi folyók és patakok nem lehetnek képesek ilyen iszonyatos mennyiségű anyagot porrá alakítani. Ha viszont a lezuhanó vizek morajlását hallottam és arra gondoltam, hogy állatfajok tűntek el a Föld felszínéről, mialatt a rombolást és pusztítást okozó víz éjjel és nappal megszakítás nélkül tevékeny, akkor végül is azt nem voltam képes felfogni, hogyan tudtak hegységek ezeknek a hatásoknak ellenállni." (Darwin, 386. old)

A felaprózódást előidéző mechanikai erőkhöz kapcsolódnak még azok a kémiai hatások, melyeket az O₂, a levegő szénsavtartalma, valamint a víz gyakorol, melyek a mállás tulajdonképpeni okozói. Hatásuk állandó, bár lassú és gyakran egy emberöltőnyi idő alatt sem vehető észre. Évekig tart, míg az időjárás befolyásának kitett, lecsiszolt gránitdarab elveszíti fényét. Végtelenül hosszú idő múlva a nagydarab kő egyre kisebb törmelékekre esik szét az alkotóelemeire ható kémiai tevékenység következtében. A víz hatását mindig kíséri az O₂ és a szénsav hatása. Majdnem lehetetlen ezeket a tényezőket egymástól elkülöníteni. Sok kőzetfésülés, mint pl. a bazalt és az agyagpala, kémiai kötésben tartalmaz vas(II)oxidot, mely O₂-felvétellel vas(III)oxiddá alakulhat. Ez a jelenség megfigyelhető a Fe-oxidokban gazdag szántóföldjeinknél. A felszíntől lefelé bizonyos mélységig a talaj színe vörös vagy vörösbarna, vas(III)oxidot tartalmaz. Az altalaj ellenben fekete vagy feketésbarna a vas(II) oxid jelenléte miatt. Mélyszántás után az altalaj néhány évre elveszíti termékenységét. Ez az állapot addig tart, míg a felszín ismét vörös nem lesz, amíg az összes vas(II)oxid vas(III)oxiddá nem alakul.

A kristályos Fe(II)oxid sójához hasonlóan, mely oxigén felvétele következtében porrá esik szét, a legtöbb kőzetfésülés is felaprózódik oxigénnel egyesülve. Ha a kőzetekben S-tartalmú fémek vannak, mint pl. pirit vagy mágnes-korund gyakran a gránitban, akkor fokozatosan átalakulnak kénsavas sókká. A legtöbb kőzetfésülés, mint a földpátok, bazalt, agyagpala, porfir és a mészkőformáció számos tagja szilikátok keverékéből áll. A kovaföld Al, Ca, K, Na, Fe és Mn(II) elemekkel képez sokféle vegyületet. A víz és szénsav kőzetfésülésékre gyakorolt hatása a kovásvannak és alkálifémekkel alkotott bázisainak tulajdonságaiból érthető meg. A kvarc vagy hegyikristály igen tiszta kovásvannak kép-ződmény. Ebben az állapotban nem oldható sem hideg, sem meleg vízben. Teljesen íztelen és semmiféle kémhatást nem mutat. Fő jellemzője, hogy alkálifémekkel és bázikus fémoxidokkal sószerű vegyületeket alkot, melyeket sziliká-toknak nevezünk. Az ablak- vagy tükrőveg alkálifémekkel képzett kovásvannak sók (K, Na, Ca) keveréke.

Az üvegfeleségek legtöbbszörében az alkáli bázisok semlegesítve vannak. Csak a savak rendelkeznek azzal a képességgel, hogy fémoxidok-kal vegyületet tudnak képezni és az alkáliákat teljesen semlegesíteni tudják. Ez a magyarázata annak, hogy a kovaföldet kovasavnak is nevezik. A kovasav egyike a leggyengébb savnak amit ismerünk, a más savakra jellemző savanyú íz és a kristályos állapotban vízben való oldhatóság nem jellemző rá. Alkáli lúgokban azonban tartós forralással igen finom por alakjában feloldható. K-mal és Na-mal képzett vegyületeit a legegyszerűbben száraz úton, kovasavas homoknak tiszta vagy szénsavas alkálifémekkel történő ömlesztésével lehet előállítani. Ily módon üvegfeleségek jönnek létre, melyek a bennük található oldható alkotórész mennyiségétől függően különböző tulajdonságokkal rendelkeznek. Ha a kovasav és a K-oxid vagy Na-oxid aránya 70:30, akkor olyan üvegfeleséget kapunk, mely a forrásban lévő vízben oldódik és fára vagy vasra felkenve üvegszerű bevonattá szárad. Innen ered a neve: vízüveg.

A kovasav mennyiségétől függően csökken a vízdoldhatósága. A vízben oldható szilikátokat valamennyi sav képes szétbontani. Ha a szilikátoldatban a víz súlyának több mint 1/300 részét kovasav teszi ki, akkor sav hozzáadására áttetsző kocsonyás csapadék keletkezik. Ez a víz és a kovaföld vegyülete: kovasavhidrát. Ha kevesebb kovasav van az oldatban, akkor sav hozzáadására tiszta marad, mert az alkálifémmel képzett vegyületéből felszabadulva vízben oldódik. És valóban, ha a kovasav kocsonyás csapadékát vízzel kimossuk, a feloldódott kova-sav könnyen kimutatható. A kovasavnak tehát kettős kémiai jellege van. Ha a szilikátból valamilyen módon kicsapjuk más tulajdonságot mutat, mint homok, kvarc vagy hegyikristály alakjában. Bázistól elválasztva vagy oldatából kicsapva elegendő víz jelenlétében oldatban marad. Bizonyos körülmények között jobban oldódik vízben, mint a gipsz. Ezt a nagyfokú vízdoldhatóságát a kocsonyás kovasav teljesen elveszíti, ha beszárad. Ha az oldat koncentrált, akkor savas oldatai lehülés után víztiszta összefüggő kocsonyás anyaggá merevednek. Az edényt fel lehet borítani anélkül, hogy csak egy csepp is kifolyna belőle.

További beszáradáskor az oldószerezrel együtt a kovasavat kocsonyás állapotba hozó víz is kiválik. A két komponens között az affinitás olyan gyenge, hogy ez a szétválás már közönséges hőmérsékleten is bekövetkezik. Ha a kovasav a hidrát-víztől megszabadul, akkor vízben már nem oldódik fel. Tulajdonságai azonban a kristályos kovasavval mint a homok, kvarc stb. nem mindenben egyeznek meg. Megtartja azt a képességét, hogy alkáli lúgokban (és nemcsak marókban, hanem a szénsavasokban is) közönséges hőmérsékleten fel tud oldódni még akkor is, ha előzőleg izzították. Alig akad még egy ásványi anyag, melynek sajátosságait a kovasavhoz mérhetnénk. A legtöbb alkálifémet tartalmazó oldhatatlan szilikát meleg vízzel való tartós érintkezés következtében (különösen ha a víz savat is tartalmaz) elbomlik. A múlt évszázad közepe táján még nem ismerték a szilikátoknak ezt a tulajdonságát. Arra a következtetésre jutottak e jelenségek alapján, hogy a víz talajjá alakulhat. Ugyanis a desztillált víz elpárolgása után bizonyos mennyiségű "földes" anyagot hagy hátra. Tíz- vagy még többszöri desztillálás után is visszamarad "talajra emlékeztető" maradék. Lavoisier kimutatta,

hogyan forralás közben a víz az üveg- vagy porcelánedényből valamennyit felold és az edény súlya pontosan annyi csökken, amennyi "talajra emlékeztető" maradékot az elpárologtatott víz hátrahagy. Ha tiszta fémmedényekben végezzük a desztillálást, akkor ez a jelenség nem lép fel.

A víz szilikátokra gyakorolt hatását mutatja pl. az időjárás viszontagságainak legjobban kitett melegágyak fedő üvegeinek elhomályosodása. Még inkább észrevehető az üvegek "oldódása" istállóknál, ahol az állatok légzése és az ürülék bomlása miatt a levegő szénsavban gazdag. Az oldható szilikátokat már a szénsav is elbontja. Ha a vízüveg oldatát szénsavval telítjük, az oldat kocsonyássá válik. Feltehetően ez a bomlás a híg oldatokban is lejátszódik, ahol nem látható a kovasav kiválása, mert vízben oldott állapotban marad. A víz és a savak hatására a szilikátok annál gyorsabban és könnyebben oldódnak, minél több alkálifémet tartalmaznak. A szervesetlen természetben ez a folyamat állandóan végbemegy. A porcelánanyag vagy kaolin lelőhelyei úgy keletkeztek, hogy földpátokat vagy földpát tartalmú kőzeteket a víz K- és Na-szilikátokká alakított. A földpát nem más, mint az Al-szilikát és alkáliszilikát elegye, melyből a vízzel oldható alkáliszilikátok lassanként kioldódnak, hátrahagyva a tűzálló porcelánanyagot vagy kaolint. Forchhammer kimutatta, hogy 150 °C-os víz és a hozzá tartozó nyomás hatására a földpátok elbomlanak. A víz erősen lúgos kémhatásúvá válik és oldott kovasavat tartalmaz.

Az izlandi gejzirek forrási hőmérsékletűek, a víz nagy mélységből tör fel és ezért nagy nyomásnak is ki van téve. A 28 uncia gejzirvíz száraz maradéka a következőket tartalmazza (uncia):

gipsz	0.453
kénsavas nátrium}	0.827
Mg-oxid	
konyhasó	2.264
Na-oxid	1.767
kovasav	5.506

Forchhammer analízise szerint ebben a vízben Na-földpátok és Mg-szilikátok oldható alkotórészei találhatók, melyek az ún. eruptív eredetű hegységekben uralkodóak. Nem lehet kétséges, hogy a gejzir mélyében a kristályos földpátok folyamatosan agyaggá alakulnak. Az esővíz és a forrásvíz mindig tartalmaz szén-savat és szobahőmérsékleten hasonló erőt fejtenek ki, mint a magas hőfokú nagynyomású vizek. Polstorf és Wiegmann homokot királyvízzel forraltak, majd a sav eltávolítása után 30 napra szénsavval telített vízbe helyezték. A vízelemzési adatok szerint a királyvíz rövid ideig tartó hatásának ellenálló szilikátok a szénsavas vízben elbomlottak 30 nap után, a vízben kovasavas és szénsavas kálium, valamint mész és zsírkő volt oldott állapotban.

A természetben előforduló alkálikus szilikátok egy csoportja kristályvizet foglal magában. Ide tartozik a zeolit, az analcim, mezotip, szodalit, apofilit stb. (A

tulajdonképpen földpátok mindig vízmentesek). Savakkal szemben a szilikátok eltérően viselkednek. Némelyek finomra porítva és sósavval kezelve egy idő után sűrű kocsonyás anyaggá duzzadnak. Az ásvány szobahőmérsékleten feltáródik, a sósavban oldható részek kioldódnak. A kóvasav viszont nagyobb részben hidrat-ként oldhatatlan formában marad. A földpátok közül a Ca-, K- és Na-földpát (labrador, adular és albit) ilyen körülmények között nem szenved változást. Az oldószerekkel szembeni eltérő viselkedés lehetővé tette, hogy rendkívül összetett kőzeteket alkotóelemeikre bontsanak. Elsőként C.Gmelin határozta meg kvantitá-tívan is a kőzet- és talajféleségekben mállásra hajlamos ásványokat. A hegaui Abterodeból származó fonolit %-os összetétele a következő (Poggendorff's Annalen XIV. 357. old.):

Alkotóelemek megnevezése	A savakban oldható részben	A savakban nem oldható részben
Kóvasav	38.6	66.3
Al-oxid	24.3	16.5
K-oxid	3.1	9.2
Na-oxid	12.7	4.0
Ca-oxid	1.8	-
Fe-oxid	11.3	2.4
Mn-oxid	2.2	0.8
Ti-sav	0.6	-
Víz	4.2	-
Szerves anyag	0.4	-

Hasonló módon elemezte meg H. Frick az agyagpalát, valamint Löwe a bazaltot és az Etna láváját. A bazaltban 4.6 % mágnesvasérc, 39.8 % zeolit és 55.9 % augit volt. A zeolit elemi összetétele %-ban a következőnek adódott: Si-oxid 38.8; Al-oxid 28.8; Ca-oxid 10.4; Na-oxid 13.8; K-oxid 1.4; Víz 6.7.

Az augit olyan szilikát, melyben Ca és Mg található. A Benndorfból származó agyagpalában kereken 26 % a sósavban oldódó és 74 % a sósavban nem oldódó alkotórész. Összetételük %-ban az alábbi:

Alkotó- elemek	Sósavban oldódó részben	Sósavban nem oldódó részben
Kóvasav	22.39	77.06
Al-oxid	19.35	15.99
Fe-oxid	27.61	1.53
Mg-oxid	7.00	0.57
Ca-oxid	2.42	0.33
K-oxid (Na nincs)	2.37	3.94

Víz, szénsav és veszteség	18.86	0.39
Cu-oxid	-	0.19

Ezekből az elemzésekből fontos következtetések vonhatók le. A hideg sósavban 24 óra alatt alig oldódó földpátot a szénsavas víz megtámadja. A legelterjedtebb kőzetek szobahőmérsékleten sósavban oldódó szilikátelegek, ezért a szénsavas víz tartós hatásának még kevésbé tudnak ellenállni, mint a földpátok. A szilikátelegek bázisokat tartalmaznak. A Ca és a Mg önmagában vagy a kovással együtt oldódik, míg az Al-oxid önmagában vagy kovással vegyülve visszamarad. Az abterodei fonolit nedvesség és levegő hatására jött létre a szilárd kőzet mállásával. Analízis adatait a fentiekben közöltük. Míg az el nem mállott fonolit (csengőkő) több mint 20 %-a oldódik sósavban, addig az elmállottnak nem egészen 5 %-a. A mállott fonolit stabil összetételű oldhatatlan részt, valamint oldható Fe- és Mn-oxidokat tartalmaz közelítően 6:1 arányban. A Fe/Mn oxidok aránya közel azonos az elmállatlan kőzetben is. A mállott fonolit %-os összetétele a következő:

Alkotóelemek	Oldható részben	Oldhatatlan részben
Kovasav	13.4	66.5
Al-oxid	5.7	16.8
K-oxid és Na-oxid	1.1	9.6
Ca-oxid	nyomok	1.5
Fe-oxid	63.4	3.0
Mn-oxid	11.1	0.2
Ti-sav	3.4	-

A mállás következtében tehát az alkáliák és a mész vízben feloldódott és a kovással, Al-oxiddal együtt eltávozott. Ami visszamaradt, az az eredeti alkáliáknak csak 1/15-ét tartalmazza. A szénsavas víz oldó hatása mindaddig tart, amíg az alkáliák és oldható bázisok el nem fogynak.

A Dániában gyakori sárga agyag Forchhammer szerint gránit, melynek földpátja kaolinná alakult, csillámtartalma viszont változatlan maradt. A gránit Fe és Ti érce itt Fe-oxid és Ti-oxid alakjában jelenik meg. Szienitekből és a zöld dioritból keletkezik a kék agyag, melyből hiányzik a csillám (Forchhammer): Porfirból mállás eredményeként jöttek létre a nagy agyagtelepek Hallenál. Könnyen megkülönböztethető bennük az alapanyag, amely megnedvesítéskor fehér, míg a földpátok sárgás színűek (Mitscherlich). A Halle melletti Morl porcelánagyagjának, elmállott földpátjának %-os összetétele: kovasav 71 %, Al-oxid 26 %, Fe-oxid 2 %, K-oxid 0.4 %, Ca-oxid 0.1 %.

A vízben vagy alkáliában feloldódott kovasav kristályos alakban a földpáton ismét lerakódik, amint ez a Bonn melletti Siebengebirgeből származó trachitnál sokszor megfigyelhető (Mitscherlich). A legtöbb homokkőben alkálilúgokhoz kötött

szilikátok találhatók. A Heidelberg környéki Heiligenberg homokkővében földpátdarabok vannak, melyek egy része agyaggá alakul és fehér foltokban jelenik meg. A porcelánföldök elemzési adataiból látható, hogy a földpát (amelyből keletkeztek) még nem bomlott el teljes mértékben. Kivétel nélkül tartalmaznak még K-ot:

Alkotóelemek	Limoge	Meissen	Schneeberg
Kovaföld	46.8	52.8	43.6
Al-oxid	37.3	31.2	37.7
K-oxid	2.5	2.2	12.5*
Fe-oxid	-	-	1.5

* vízzel együtt

A természetben előforduló agyagféleségek közül azok kapták a "porcelánföld" nevet, melyek tűzállóak, vagyis kemencéink legmelegebb tűzéiben sem olvadnak meg. Ez a tulajdonság az alkális bázisoktól, mint a K, Na, Ca, Mg és a Fe oxidjainak mennyiségétől függ. A tűzálló, alkáliákban szegény agyagféleségek előfordulása viszonylag ritka. A kőzetekben, talajokban, szénekben előforduló agyagok általában hőre zsugorodnak, az erős tűzben pedig üveggé alakulnak. A közönséges vályog salakká olvad. A K-földpátokból keletkező agyag mészmentes. A labradorból (mely a bazalt és a láva elegyének fő alkotóeleme) Ca és Na tartalmú agyag jön létre. Az agyagdús mészkőben sok az alkálifém. Ide tartozik a márga és a cementkövek, melyek mérsékelt égetés után és vízzel érintkezve kőszerű tömeggé szilárdulnak. A márga ill. számos természetes cementkő égetésénél az agyag és a mész kölcsönhatásba lép és a vízmentes apofillithez hasonló összetételű vegyület keletkezik. A kovasavas K-ból és kovasavas Ca-ból álló anyag vízzel érintkezve az égetett gipszhez hasonlóan kikristályosodik.

Amikor a krétát vízűveg oldatával megnedvesítjük felületén kőszerű vegyület képződik. A kovasavas-K káliumának helyére lép a kréta mesze, ezáltal bizonyos mennyiségű kálium K-karbonát alakjában felszabadul (Kuhlmann). Az agyagok, a talajok agyagfrakciói is tehát víz és szén-sav hatására elmallanak, a bennük lévő alkáliák kioldódnak. A reakciók eredményeképpen kovasavas vegyületek, kovasavas alkáli-karbonátok és kovasav-hidrát keletkezik. Az utóbbi vízben oldható és képes a talajban elvegyülni. A levegő, a szén-sav és nedvesség hatása a kőzetekre jól tanulmányozható Dél-Amerika évezredek óta lakatlan vidékein, ahol a gazdag ezüstmányákat vadászok és pásztorok fedezték fel. Az ezüstöt tartalmazó kőzet alkotórészei a mállás következtében folyamatosan oldódnak. Az eső és a szél elszállítja a törmelék, míg a rombolásnak a nemesfémek ellenállnak és a felületen visszamaradnak. A fémtartalmú ezüsterek a sziklák felszíne fölé emelkednek és kiszögelléseket és éleket alkotva. A Chanuncilloban lévő bányát, melyből néhány év alatt sok százezer font sterling értékű ezüstöt nyertek, egy férfi fedezte fel. Követ

dobott egy öszvérhez, s ezt a követ az átlagosnál nehezebb-nek találta. A kő ezüstöt tartalmazott és a szikla fölé meredő ezüstérből származott (Darwin, 387. old.).

A talaj alkotóelemei

A talaj eredete az előzőekből világosan és egyértelműen következik. Tulajdonságait annak a kőzetnek az uralkodó alkotóelemei szabják meg, amelyből keletkezett. Uralkodó alkotórészeit homoknak, mésznek és agyagnak nevezzük. A tiszta homok és a tiszta mészkő, melyből a kovasavon vagy a szénsavas mészen kívül minden más szervetlen alkotórész hiányzik, teljesen terméketlen. A termékeny talajból viszont sohasem hiányzik az agyag. Honnan származik hát a szántóföldi talaj agyagtartalma? Melyek az agyagnak azon alkotóelemei, melyek a vegetáció fenntartásában részt vesznek:

Az agyag az Al-oxid tartalmú ásványok mállásával keletkezik. Az ásványok közül legelterjedtebbek a különböző földpátok, mint a K-földpát, a Na-földpát (albit), a Ca-földpát (labrador), valamint a csillám és a zeolitok. Ezek az ásványok a gránit, gneissz, csillámpala, porfir, agyagpala, szürke homokkő, vulkánikus kőzetek, bazalt, fonolit és a láva alkotóelemeit képezik. A szürke homokkő-félék legkülső tagjait a tiszta kvarc, az agyagpala és a mész, a homok-köveknél a kvarc és a palás agyag jelenti. A dolomitokban és az átmeneti mészkövekben agyagot, földpátokat, porfirt, valamint agyagpalát találhatunk az ásványi elegyekben. A Jura hegység mészköve 3-20 %, a Württembergi Alpok mészköve 45-50 % agyagot tartalmaz. Az ún. kagylómész és a durva mész többé-kevésbé gazdag agyagban.

Az Al-oxid tartalmú fossziliák a Föld felszínén elterjedtek. Az agyag alkáliákban gazdag, P és S készlete jelentős, ezért termékennyé teszi a talajt. Az Al-oxid indirekt hatást fejt ki azzal, hogy vizet és ammóniát köt meg. A hamuban ritkán található. Kovasav viszont igen, amely a legtöbb esetben az alkálifémek közvetítésével kerül a növényekbe. A humuszkivonathoz kevert Al-hidroxid pillanatok alatt kivonja és oldhatatlanná teszi a színező anyagokat. (Wiegmann és Polstorf, 54. old.). Emlékeztetőül a földpát 18 % K-oxidot, az albit 11 % Na-oxidot, a csillám 3-5 és a zeolitok 13-16 % alkáliát tartalmaznak. Az újabb vizsgálatok szerint a K-földpátokban Na, a Na földpátokban pedig K is van. Ch. Gmelin, Löwe, Fricke, Meyer, Redtenbacher analíziseiből tudjuk, hogy a fonolit és a bazalt 0.75-3 % K-oxidot, valamint 5-7 % Na-oxidot, az agyagpala 2.75-3.31 % K-oxidot, a palás agyag pedig 1.5 - 4 % K-ot foglal magában. Ha a fajsúlyok alapján becsüljük azt a K-oxid készletet, mely az említett kőzetekből mállás útján keletkezett 2500 m² területen és 20 colnyi mélységű rétegben, akkor a következő adatokhoz jutunk (fontban):

Kőzet elnevezése	Mállással keletkezik K ₂ O
Földpátból	1 152 000
Fonolitból	200 000 - 400 000

Bazaltból	47 500	-	75 000
Agyagpalából	100 000	-	200 000
Palás agyagból	87 000	-	300 000

A K és Na alkálifémek egyetlen agyagból sem hiányoznak. A Flötzgebirge átmeneti kőzeteinek agyagjában éppen úgy megtalálhatók, mint a Berlin környéki legújabb képződményekben. Kénsavas kezelés és bepárlás után a K kimutatható (Mitscherlich szerint) a keletkezett timsó alapján. Valamennyi timsógyártó jól tudja, hogy a lúgok már eleve tartalmaznak timsót, melynek K-tartalma a barna- és kősenek agyagban gazdag hamujából származik.

Ha a homokkőhöz vagy a mészkőhöz ezredrésnyi palás anyag keveredik, a 20 col vastag talajréteg annyi K-hoz juthat, hogy egész évszázadon keresztül biztosíthatja a lucfenyő erdő K-mal való ellátását. (Feltételezve, hogy az agyag K-át a növények mind felveszik.) Egyetlen köbláb, azaz néhány vödörnyi földpát oly sok K-ot tartalmaz, hogy fedezheti a 2500 m²-nyi területen fejlődő lombérdő 5 éves szükségletét. Hamuban a P az alkáliákhoz kötődik. A búza, rozs, kukorica, borsó, bab, lencse magvainak elégetése után olyan hamu marad vissza, amelyben a szén-savnak nyoma sincs, kis mennyiségű szulfátokon és kloridokon kívül csak foszforsavas sókat tartalmaz. A P számos kőzet alkotóeleme, melyek mállásával kerül a talajokba és a vizekbe. A föld felszínéhez közelebb fekvő ólom-szulfid lelőhelyek rétegeiben kristályos foszforsavas Pb-oxid (zöldólomérc) található. A nagy telepeket alkotó kovapalát sok helyen a foszforsavas Al-oxid (wavelit) kristályai fedik, melyek bevonják a törési felületeket. Az apatit a csontlisszttel azonos összetételű Ca-foszfát, mely minden talajban megtalálható és kristályos alakban felismerhető egyes ércerekben. Ily módon mind a plutonikus és vulkánikus, mind pedig a metamorf és a neptunikus kőzetekben előfordul. Gyakran csak véletlenszerűen és nem nagy mennyiségben jelenik meg.

A nyersfoszfátok közül a foszforit (a sűrű tömegben előforduló foszforit éppúgy, mint az agyagos "gumós foszforit") és ritkábban az oszteolit is nagyobb bányászható telepeket alkot. Különböző rétegű foszforit telepeket számos országban találtak. Estramadurában (Truxillótól délkeletre Logrocan falu mellett) a foszforit a kőzetalkotó agyagpalában kb. 2 m vastag rétegeket alkot. A Lahn és Dill táján a nassau-i foszforittelepek is jelentősek, a rétegek vastagsága néhol 4-6 láb és a staffeli bányákban egy év alatt több mint 50 000 centner foszforitot termeltek ki. A gumós foszforitok Gümbel szerint jurakori lerakódásokban gyakoriak. Ugyancsak Gümbel szerint a Franciaország területén elterjedt alsópliocén és krétaformációhoz tartozó ún. zöldhomokkőben foszforitok vannak. A bajor vorarlbergi és a svájci Alpokban hatalmas sziklákat képező zöldhomokkő szintén gazdag helyenként foszforsavban. Gümbel azt gondolja, hogy a német és a svájci parasztek figyelmét fel kell hívni erre a P-forrásra, melyet Franciaországban már jó ideje használnak.

Apatit a plutonikus és vulkánikus kőzetekben található, pl. az Érchegeység, a Schneeberg, vagy a Berlin melletti hordalékok gránitjában. Előfordul a meissen szienitben és a svédországi Elfdalen mellett finom kristályokban; nagyobb mennyiségben Meichesben (Vogelgebirge), Szászországban (Löbauer Berge), Csehországban (Tuhlowitz) stb. Gyakori még a bazaltban és más vulkánikus kőzetekben, pl. a sziléziai Wickenstein, a padeborni Hemberge és a spanyolor-szági Cabo de Gata, valamint Laacher See lelőhelyeken. Metamorf kőzetekben, különösen a talk és kloritpalákban az apatit sárga átlátszó kristályok alakjában (spárgakövek) van jelen. A dél-norvégiai Snarum csillámpalájában, a finnországi Pargasnál fekvő mésztelepeken, a Bajkál tónál fekvő Arendel melletti mágneses vasérc-telepeken, Norvégia és Svédország más helyein is megtalálható. A vulkánikus hegységekben gyakran kerek szemcsék és magvak alakjában a krátetelepeken lelhető fel, így pl. Havre-nál a Cap le Heve-en, Calaisnál a Cap Blancnez és Grisnez-en, valamint az Ambergnél lévő Érchegeységben a "Flötz"-mészkőben stb. (Gustav Rose).

Az aacheni "Császárforrás" vize 1 fontban 0.142 g Na-foszfátot (Monheim), a Quirinus-forrás ugyanennyit, a "Rózsa" forrás 0.133 g-ot tartalmaz. A karls-badi "Sprudel"-forrásban 0.0016 g Ca-foszfát (Berzelius), a Ferdinánd-forrásban 0.010 g Na-foszfát található (Wolf). A pyrmonti sóforrásban 0.022 g K-foszfát, 0.075 g Ca-foszfát, 0.1249 g Al-foszfát mutatható ki (Krüger). A tengervízben ugyanakkor oly kevés a Ca-foszfát (Clemm), hogy egy font vízben még meg sem határozható. Ennek ellenére a tengerben élő valamennyi állat a csontjaik és húruk alkotórészét képező Ca-foszfátot ebből veszi fel.

Az említett gyógyforrások P-tartalma rendkívül nagynak tűnik a tengervíz-hez hasonlítva. Ki lehet számítani, hogy a karlsbadi "Sprudel"- forrás vize a hegység rétegein átszivároghatva sok ezer font Ca-foszfátot vesz fel a kőzetekből. O.Popp vizsgálata szerint a Nilus vizének 1 m³-ében 540 mg foszforsav, vagy 750 mg Ca-foszfát található. Mivel a Nilus évi vízmennyisége kerekén 55 000 millió m³, az évi foszforsav-hozam kb. 30 millió kg, azaz több mint 41 millió kg Ca-foszfát. A Nilus vizének termékenyítő hatása a következő analízis alapján nyilvánvaló. Sajnálatos, hogy ennek a tápoldatnak nevezhető víznek a mezőgazda-sági hasznosítása viszonylag csekély. Popp adatai szűrt Nilus-vízre vonatkoznak mg/literben megadva:

Összetevők	mg/liter	Összetevők	mg/liter
Szénsav	31.46	<i>Ha a savakat és bázisokat</i>	
Kénsav	3.90	<i>sók formájában adjuk meg</i>	
Kovasav	20.10	Na-szilikát	35.72
Foszforsav	0.54	K-szilikát	7.67
Klór	3.37	Ca-karbonát	34.38
Fe-oxid	3.16	Mg-karbonát	30.81
Ca-oxid	22.20	Ca-szulfát	6.65
Mg-oxid	14.67	Na-klorid	5.55

Na-oxid	21.10	Fe-oxid	3.17
K-oxid	4.68	Szerves anyag stb.	17.22
Szerves anyag és Ammóniumsók	17.20	Ca-foszfát	0.75
Szilárd alkotók	142.38	Összesen	141.90

Ezt a rengeteg foszforsavat a "katarakták" adják. A katarakták elsődleges kőzetekből, főként gránitból és szienitből képződött sziklazátonyok, melyek a víz dörzsölő hatása következtében elmorzsolódnak és részben feloldódnak, ill. részben szuszpendált állapotban tovább szállítódnak. A vízben oldott szilikátok és a Nilus iszapja egyaránt a katarakták bomlástermékei. (Popp: Annal. der Chemie, 155. kötet, 346. old.)

Az alkáliákon, a S-, P- és kovasavon kívül a növények más sókat is felvesznek a talajból, melyek szintén előnyös hatásúak és részben helyettesíthetik a fő tápelemeket. Némely növénynél a NaCl-ot, a salétromot, a K-kloridot és még egyéb hasznos alkotót sorolhatjuk ide. A csapadék mindig hoz magával salétromot és Cl-vegyületeket is, melyek a talajba jutnak. Némely tűzálló vegyület is illóvá válhat szobahőmérsékleten és a levegőbe kerülhet. A bórsav az egyik leginkább hőálló anyag, még fehérizzáskor sem lehet a súlyvesztéseget megállapítani. Nem illó, de vizes oldatából a párolgó vízzel eltávozhat. Ezért észlelünk veszteséget a B-tartalmú ásványok elemzésénél, amikor folyadékokat kell bepárolni. A forró vízgőzzel eltávozó bórsav oly kevés, hogy a legfinomabb reagensekkel sem mutatható ki. Ennek ellenére az a sokezer centner bórsav, mely Olaszországból a kereskedelembe kerül, ilyen forrásból származik. Castelnuovo, Cherchiago stb. lagúnaiban feltörő forró vízgőzt átvezetik a vízen, mely betöményedik és elpárologtatása után kristályos bórsavat ad. A vízgőz olyan mélységből tör elő, ahol emberi lények vagy állatok sohasem élhettek, mégis tartalmaz ammóniát. A nagy liverpooli gyárakban a természetes bórsavat bóraxszá dolgozzák fel és melléktermékként sok száz fontnyi ammónium-szulfátot kapnak. Az ammónia tehát már az állatvilág megjelenését megelőzve jelen volt a természetben a Föld egyik alkotóelemeként.

A "Des poudres et salpêtres" igazgatósága megbízásából Lavoisier kísérletesen bizonyította, hogy a salétromot tartalmazó lúgok bepárlásánál az oldott sók a vízzel együtt elillannak. Ez veszteséget eredményez, amit régebben nem tudtak megmagyarázni. Éppígy ismeretes, hogy a tenger felől a szárazföld belseje felé fújó viharos szelek miatt a növények leveleit a tengertől még 20-30 angol mérföld-re is sókristályok fedik. A sók elillanásához azonban nincs szükség viharra. A tenger felett elhelyezkedő levegő ui. minden esetben zavarossá teszi az ezüstnitrát oldatot. Még a leggyengébb légmozgás is elvisz valamennyit az évente elpárolgó milliárd centnernyi tengervízből. Ezzel együtt magával ragad a vízben oldott sókból is arányos mennyiséget és a NaCl, KCl, Mg-sók, ill. a többi alkotórész a szárazföldre kerül.

A híg sóoldatokból történő sókinyerés jelentős veszteségeket szenved. A neuheimi sólepárlóban ezt a jelenséget az ottani igazgató, Wilhelmi világosan bebizonyította. Magas rúdra egymástól kb. 1200 lépésre üveglemezeket helyezett, melyek szélirányba állított oldalát minden reggel (a harmat felszáradása után) sókristályok fedték. Az állandóan párolgó tenger a szárazföld felszínére juttatja a tápsókat, így azok a növényi hamuban ott is megtalálhatók, ahol a talajból hiányoznak. A tengervíz sótartalma az alábbi 1000 súlyrészben:

Só megnevezése	Marcet szerint	Clemm szerint
Konyhasó (NaCl)	26.660	24.84
Nátrium-szulfát	4.660	-
Kálium-klorid	1.232	1.31
Magnézium-klorid	5.152	2.42
Gipsz (kalcium-szulfát)	1.500	1.20
Magnézium-szulfát	-	2.06

Clemm az Északi tengert vizsgálta. A tengervízben még meghatározhatatlan mennyiségű Ca-karbonát, Mg, Fe, Mn, Ca-foszfát, I, Br, szerves anyag, ammónia és szénsav is található.

Átfogó természeti jelenségek vizsgálatánál a megszokott léptéket nem tudjuk alkalmazni. Fogalmaink a szűkebb környezetünkre vonatkoznak, mely elenyésző a Föld egész tömegéhez képest. A levegő súlyának kevesebb mint ezred részét teszi ki a szénsav, de elegendő ahhoz, hogy évezredekken keresztül ellássa az élőlények generációit szénrel még akkor is, ha készlete nem pótlódna. A tengervíz súlyának 1/12400-as része szénsavas mész, mely a kagylós rákok és a korallak milliárdjainak vázát képezi. A levegő térfogatának 4-6 tizedre része szénsav, míg a tengervízben ennek több mint százszorosa fordul elő (Laurent, Boullon-Lagrange). Ha a tengervíz száraz maradékát izzásig hevítjük, akkor ammónium-klorid szublimátumához jutunk (Marcet). Az elpárolgó tenger hatása tehát nem elhanyagolható a szárazföldi növényekre.

Az agyagpala legtöbbször Cu-oxidot, a csillámtalaj pedig fluoridokat tartalmaz. A növényi hamu Cu és F készlete csekély, kérdés szükséges-e a növény számára. Bizonyos esetekben úgy tűnik, mintha a Ca-fluorid helyettesíteni tudná a csontokban és a fogakban a Ca-foszfátot. A diluvium előtti állatok csontjában jelenlévő Ca-fluorid eszközül szolgál a későbbi korokból származó csontoktól való megkülönböztetésre. A pompeji emberek koponyacsontjaiban éppen annyi folyosav (H-fluorid) van, mint az őskori állatokéban. Ha a csontokat elporítva zárható üvegedényben kénsavval öntjük le, akkor 24 óra múlva az edény belső felszíne erősen korrodált állapotba kerül (J.L.), míg a most élő állatok csontjai és fogai a folyosavnak csak nyomait tartalmazzák (Berzelius).

A talajban található szénsav, ammónia (salétromsav), víz és szerves anyagok az atmoszférából származnak, az atmoszféra csupán "kölcsonadja" ezeket a

talajnak. A hamualkotók viszont a közetfélék összetevői, melyekből a talajok keletkeznek. A közetek összetétele szerint a talaj termékenysége változik. A termékeny talajokban is viszonylag csekély azonban az ásványi tápanyagok mennyisége. 1848-ban a berlini Királyi Mezőgazdasági Kollégium a királyság 14 különböző termőhelyéről vett szántóföldi mintát, melyeket 3 különböző vegyésznek adtak át elemzésre. Öt minta 0.2, hat minta 0.3-0.5, míg három talaj 0.5 - 0.6 % foszforsavat és K-oxidot tartalmazott. Nem beszélhetünk ezért arról, hogy a talaj kimeríthetetlen, a növényi felvétel pótlása elengedhetetlen.

A talaj és a tápelemek kölcsönhatása

A kémiában nincsen csodálatosabb jelenség, mint a talaj és a tápelemek kölcsönhatása. Az esővíz a talajon átszűrődve általában alig vesz fel K-ot, kavasavat, ammóniát vagy foszforsavat. A talaj a növényi tápanyagokat megőrzi, a víz az eróziótól eltekintve nem képes a termékenység feltételeit megszüntetni. A talajba vitt oldatból egy pillanat alatt eltűnnek a tápelemek, mert abban megkötődnek. Ha pl. a talajjal töltött tölcsért híg K-szilikát oldattal locsolunk, a lecsepegő vízben nem vagy csak nyomokban lehet K-ot és Si-ot kimutatni. A frissen kicsapott Ca- vagy Mg-foszfátot, ill. Mg-ammónium-foszfátot szénsavas vízben oldva és a talajra öntözve azt tapasztaljuk, hogy a lecsepegő vízből eltűnt a foszforsav és az ammónia. A Ca-foszfát foszfora, a Mg sójának foszfora és ammóniája visszamarad a talajban.

A szén hasonlóan viselkedik egyes oldható sókkal szemben, folyadékokból színezőanyagokat és sókat vesz fel. Ez a folyamat a felületi megkötődéssel kapcsolatos. A talajbani visszatartás részben más mechanizmust tükröz, mert a talajösszetétel befolyásolja. A K és Na kémiaiag közelállóak, sóik is hasonlóak. A KCl pl. ugyanolyan kristályokat képez, mint a konyhasó, ízük és oldhatóságuk kevésbé különbözik, a laikus alig tudja a sókat megkülönböztetni. A talaj azonban tökéletesen megkülönböztet. A NaCl-ot átengedi, a KCl-ot azonban elbontja: a K a talajban marad, a Cl pedig CaCl_2 alakjában távozik. A K-nál teljes, míg a Na-nál részleges ioncsere történt. A K tápelem, míg a Na csak kivételesen fordul elő a növényi hamuban. A Na-szulfát és Na-nitrát adagolásakor a Na csak nyomokban kötődik meg, míg a K-szulfát és K-nitrát esetében a kísérő K-ion a talajban marad.

Az 1 liter = 1000 cm^3 meszes kertiföld a 2025 cm^3 K-szilikát oldatból (mely 1000 cm^3 -ként 2.78 g kavasavat és 1.166 g K-ot tartalmaz) az összes K-ot képes felvenni. Kiszámítható, hogy 1 hektár hasonló tulajdonságú talaj felső 25 cm rétege több mint 10 ezer font K-ot köthet meg. Más vizsgálat szerint a szénsavas vizes ammónium-magnézium-foszfát oldatból egy hektárnyi földterület 5 ezer font sót adszorbeálhat. A Ca-ban szegény vályogtalaj ugyanígy viselkedett. Az említett laboratóriumi vizsgálatok egyszerűségük miatt a diákoknak is előírhatók. Arra kell ügyelni, hogy a folyadék átszűrődése közben ne képződjenek "csatornák", amelyek megakadályozzák a folyadék és a talaj tökéletes érintkezését. Ezért híg oldatok javasolhatók, pl. K-szilikátból, K-kloridból stb. 1 súlyrész 500 súlyrész vízre. A Ca-foszfát szénsavas oldata telített lehet. Utóbbi sónál gyakran már az első szűrletben

sem lehet molibdénsavval foszfort kimutatni. A lúgos K-szilikát pedig pillanatok alatt elveszti lúgos kémhatását.

Ha vizeletet, trágyalevet, hígtrágyát sok vízzel hígítunk vagy guanót vízben oldunk, a talaj felveszi az ammóniát, káliumot és a foszforsavat az oldatokból. A talaj adszorpciós kapacitása azonban véges, mert idővel telítődik. A homoktalaj keveset adszorbeál, a vályog többet, az agyagtalaj még többet. Feltehetően a kultúrnövények talajigénye ezzel is összefügg. Ha közelebbről sikerül majd feltárni ezeket az összefüggéseket, talán egészen új eredményekre jutunk és jobban megítélhetjük a talajok minőségét.

A humusz-szegény meszes agyag vagy talaj a K-ot és kovasavat egyaránt felveszi a K-szilikát oldatból. A savanyú humuszos azonban csak a K-ot köti meg, míg a kovasav a folyadékban marad. Meszezve azonban szintén képessé válik a kovasavat adszorbeálni. A kalászosok, nád és a zsurló sok kovasavat igényelnek. A savanyú lápok, rétek meszezésekor talán nem véletlenül tűnik el a zsurló és a nád, hogy jobb takarmánynövényeknek adja át a helyét. A talaj a tápelemeket nem vízdoldható, de felvehető formában őrzi meg. A gyökérszörők közvetlenül érintkeznek a talajrészecskékkal és biztosítják a tápanyagok oldhatóságát és növénybe kerülését. München mellett pl. sokezer hektáron csak 6 col vastag a szántott réteg, mely vízáteresztő kőzetek alakult ki. Ha ez a talaj nem rendelkezne megkötő képességgel, a tápelemek nem lennének képesek az atmoszféra és az eső feloldó erejének ellenállni.

A talaj viselkedéséből következik, hogy a növény is aktív szerepet játszik a tápelemfelvételben, pl. a leveleken keresztüli párologtatás útján. A talaj konkurensa a növénynek és megakadályozza a káros túltáplálást. A felvételnél aktívan le kell győzni a talaj ellenállását, amely a víznek nehezen ad le tápanyagot. A gyökér felvételi mechanizmusa még nem ismert. A semleges kék lakmusztinktúrába helyezett zöltség gyökerei a folyadékot pirosra festették és károsodás nélkül annyi tápanyagot vettek fel, amennyi csak lehetséges volt. Eszerint a gyökerek savat választanak ki. Az oldat forralással ismét kék színűvé válik, tehát a sav csak szénsav lehet.

Nem kevésbé figyelemre méltó a talaj azon képessége, hogy a levegőből vizgőzt tud elvonni és a pórusokban felhalmozni. Mindez régóta köztudott volt, de csak von Babo-tól tudtuk meg, hogy kapacitása a koncentrált kénsavéval azonos. Amikor a talajt 35-40 °C-on megszáritjuk és vízgőzzel telített edénybe helyezzük, még 8-10 °C-os lehűlést követően sem csapódik ki a víz, nem képződik harmat. Vízgőzzel telített levegőben a talaj olyan mértékben veszíti el vízgőz-abszorbeáló képességét, amilyen mértékben telítődik és az egyensúly be nem áll. A telített talaj viszont a száraz levegőnek nedvességet ad le. Ugyancsak bekövetkezik a leadás, ha a levegő hőmérséklete emelkedik. A vízgőz abszorpciója közben a talaj felmelegszik, a víz elpárolgása közben pedig lehűl. Ha száraz talajt vászonzacskóba helyezünk és középebe hőmérőt teszünk majd nedves levegőt tartalmazó edénybe látjuk, néhány pillanat múlva a hőmérő higanyszála emelkedni kezd. Von Babo

kísérleteiben a humuszos talaj hőmérséklete 20-ról 31 °C-ra, a homoktalajé 27 °C-ra emelkedett. A leírt jelenség minden bizonnyal befolyásolja a növényi növekedést még akkor is, ha a kiemelt extrém esetek csak ritkán fordulnak elő.

Amikor nyáron a talaj felszíne kiszárad és mélyebb rétegekből kapilláris úton a nedvesség nem pótlódik, a talaj vízgőz abszorpciója tarthatja életben a vegetációt. A kondenzálódó vízgőzt két forrásból kaphatja a talaj. Az éjszaka folyamán a levegő lehűl és vízgőzeinek parciális nyomása csökken. Még ha a levegő hőmérséklete a harmatpontot nem is éri el, a talaj vonzóereje következtében vízfelvétel (valamint ammónia és szénsavfelvétel) történik. Mindezt hőfejlődés kíséri, így a talaj kisugárzás következtében fellépő lehűlése csökken. Kifejezett lehet a jelenség hatása a száraz meleg vidékeken, bár a mérsékelt égövünkön sem tekinthető jelentéktelennek. A másik nedvességforrás a felfelé irányuló kapilláris vízgőz-desztilláció. A vízgőz abszorpcióját hasonló hőképződés kíséri a felső talajrétegben. Ha drénezéssel a kapillárisan felfelé emelkedő víz szintjét mélyebbre helyezzük, akkor a száraz szántott réteg nagy mennyiségű gőz halmazállapotú nedvességet kaphat. Ezekben a jelenségekben az egyik fontos természeti törvényt ismerjük fel. A talaj összegyűjti és megőrzi a vizet és a tápelemeket, melyek a szerves élet feltételei.

Az ugar

A mezőgazdálkodás művészet és tudomány egyszerre. Tudományos alapja magában foglalja a növények valamennyi életfeltételének, köztük a tápelemek forrásainak ismeretét. Ebből az ismeretből alakulnak ki bizonyos szabályok, melyek a művészet gyakorlásához szükségesek. A mechanikai beavatkozások elősegítik a növények fejlődését és egyben kiküszöbölik a káros hatásokat. A művészet gyakorlása során szerzett tapasztalatok nem állhatnak ellentmondásban a tudományos alapelvekkel, mivel az alapelvek a gyakorlati megfigyelések szellemi kifejezései, szintézisei. Az elmélet egyetlen tapasztalatnak sem mondhat ellent, mert az elmélet nem más, mint egy sor jelenség visszavezetése a legvégső okokra.

Monokultúrában a talaj terméketlenné válhat 3 éven belül, egy másik talaj 7 év elteltével, a harmadik 20, a negyedik esetleg 100 év múlva. Az egyik földön megterem a búza, de a bab nem. A másikon terem a répa, de a dohány nem, esetleg jó a répatermés, de a here nem sikerül. Mi az oka annak, hogy a talaj bizonyos növényekkel szemben elveszíti termékenységét? A kérdést a tudomány teszi fel az okokat keresve. Milyen eszközök szükségesek a monokultúra fenntartásához? Mi szükséges ahhoz, hogy a talajt valamennyi kultúrnövény számára termékeny tegyünk? Ez utóbbi kérdéseket a művészet teszi fel, de a művészet segítségével nem válaszolhatók meg.

A gazdák ezrei próbálkoznak tudományos elvek nélkül eljárni. A gyakorlati tapasztalatok olyan módszert eredményezhetnek, mely segítségével helyileg egy-egy növény sikeresebben termesztendő. De ugyanez a módszer a szomszédságban

már használhatatlan, sőt a harmadik tájegységben már káros lehet. Milyen sok tőke és energia vész el az ilyen próbálkozások során! Mennyivel biztonságosabb az az út, melyet a tudomány mutat meg. Ha kiderítettük a rossz termések ill. a talaj terméketlenségének az okát, akkor már maguktól adódnak azok az eszközök és módok, melyekkel a sikertelenség kiküszöbölhető. A növénytermesztés módszerei talajadottságok szerint különböznek. A talajképző közet meghatározza a tápelemtőkét, a termékenységet. A növényi hamuelemzésekből megtanultuk, hogy melyek a lényeges tápelemek. Amennyiben a talaj analízise ezekből hiányt mutat, akkor máris kiderítettük a terméketlenség okát. Ezzel viszont a terméketlenség kiküszöbölésének módja is adott.

Az empiria minden eredményt a mechanikai eljárásoknak tulajdonít. Nem vizsgálja, hogy a beavatkozások haszna mely okokból ered. Ez az energia és a tőke ráfordításának pazarlásához vezet. Elképzelhető-e, hogy az ekének vagy a boronának, a vasnak talajjal való érintkezése varázsütésre termékennyé teszi a talajt? Senki sincs ezen a véleményen. Ezt a kérdést azonban még nem is tették fel, nemhogy megválaszolták volna. A mechanikai felaprítás, keverés és a felület megnagyobbítása befolyásolja a kedvező eredményt. A mechanikai művelet azonban csak eszköz a cél eléréséhez. Az ugaronhagyás ill. a föld pihentetése alatt bizonyos kémiai átalakulások játszódnak le. Az atmoszféra alkotóelemei és a szilárd földkéreg felszíne állandó kölcsönhatásban van egymással, a közetek el-mállanak és tápelemeik vízben oldhatóvá válva a talajban megjelennek. A kémiai folyamatok az "idő vasfogát" reprezentálják, mely az emberek által készített műveket elpusztítja, a legkeményebb sziklát lassanként porrá őrli és alkotóele-meit a növények számára asszimilálhatóvá teszi. A talajművelésnek is ez a célja, gyorsítani a mállást. Világos, hogy az oldhatóvá válás sebessége a felület növekedésével együtt nőni fog. A vegyész az ásvány feltárását csak bonyolult módon tudja elvégezni. Leiszapolással választja el a legfinomabb port a durvább részekről. A türelmét sokféle módon próbára teszi, hiszen ha a feltárás nem tökéletes, az egész művelet rossz eredményre vezethet.

Az atmoszféra és a víz behatását Darwin szemléletesen írja le a Yaquil-i (Chile) aranybányák példáján. Az aranyércet malmokban finom porrá őrlik, majd a könnyebb közetet a fémtől iszapolással választják el. A vízáram a közet-szemcsét elmossa, az aranyrészecskék pedig lesüllyednek az edény fenekére. Az elfolyó iszapot tavakba vezetik és ülepítik. Amikor a tó megtelik iszappal halmok-ba rakják és állni hagyják, hogy a levegő és a nedvesség átjárja. A finom iszapban már nincsenek oldható sók a levegőtől elzárt tófenéken, de a halmokban beindul a mállás és a sókiválás. A meddőt ezután 2-3 évente újra iszapolják, amit 6-7-szer is megismételnek. Eközben bár csökkenő mennyiségben de mindig újabb aranyat nyernek, ami a mállással vált elkülöníthetővé. Ez a jelenség a talajban is lejátszódik és műveléssel gyorsítani igyekszünk. A felületet növeljük és a talajrészecs-kéket a szénsav, az oxigén és a víz hatásának kitéve a felvehető ásványi anyagok készletét bővítjük.

A kőzetek mállási sebessége eltérő. A korzikai gránit és a karlsbadi földpát porrá alakul, mialatt a "Bergstrasse" csiszolt gránitja fényét sem veszíti el. Vannak könnyen málló szilikátokban gazdag talajok, ahol 1-2 év alatt újraképződik a búzatermés teljes káliumigénye. Magyarország kiterjedt részein (Alföld) mindenféle trágyázás nélkül természetesen felváltva búzát és dohányt, emberemlékezet óta. Vannak viszont olyan szántóföldek, melyek több évet is igényelhetnek egyet-len búzatermés előállításához a lassú feltáródás miatt. Az ugarolás célja tágabb értelemben, hogy a tápanyagok pusztán fizikailag kötött, közvetlenül felvehető állapotba kerüljenek és egyenletesen eloszoljanak. Szűkebb értelemben a folyto-nos gabonatermesztés megszakítását értik alatta abból a célból, hogy a következő évi termés igényét biztosítsák. A mechanikai művelés tehát a legegyszerűbb és legolcsóbb eszköze a talajtápanyagok feltárásának. Hasonló eredményre vezet a meszezés, melyet egy évszázada használnak Angliában. Az égetett mésznél nehéz lenne egyszerűbb és megfelelőbb anyagot találni. (A Chili-salétrom, az ammóniumsók és a konyhasó ide vonatkozó hatásáról a mű II. részében szólunk.)

A mésszel való kezelést alkalmazza a vegyész, ha egy ásványt rövid idő alatt fel akar tární, azaz az ásvány alkotórészeit oldható állapotba akarja hozni. A finoman elporított földpát hetekig vagy hónapokig tartó savas kezeléssel oldható fel, de mésszel összekeverve és mérsékelten izzítva gyorsan leadja a K egy részét. Ezután elegendő hidegen savazni, hogy más alkotói is oldódjanak. A kovaföldből annyit vesz fel a sav, hogy áttetsző kocsonyás anyaggá dermed. Az oltott mész az Al-szilikátokat is feltárja. Amikor közönséges fazekasagyagot vagy pipakészítéshez való agyagot vízzel ill. mésztejgel keverünk össze, mindkét keverék az összeöntés pillanatában sűrűbbé válik. A keverék a sav hozzáadására kocsonyásodik. Mielőtt mésszel érintkezett volna, ilyen tulajdonsága nem volt az agyagnak. Fuchs végezte elsőként Münchenben az említett megfigyeléseket, melyek a maró oltott mész talajra gyakorolt hatását világították meg. A mezőgazdaság felbecsülhetetlen eszközt kapott ahhoz, hogy a talaj tápanyagait feltárja. Októberben a Yorkshire-i és Lancashire-i szántóföldek olyanok voltak, mintha hóval lennének borítva. Négyzetmérföldnyi területeket lát az ember oltott- vagy a levegőn szétporladó mésszel befedve, ami a nedves téli hónapok folyamán játékonny hatást fejt ki a kötött agyagtalajokra.

A túlhaladott humusz-elmélet értelmében azt kellene gondolni, hogy az égetett mész hátrányos, mert a talaj szerves anyagait elroncsolja és ezáltal terméketlenné teszi. Azonban éppen az ellenkezője következik be. A gabonaféléknek szükségük van az alkálifémekre és az oldható kovasavas sókra, melyek a mész hatására felvehetővé válnak. A bomló szerves anyag ezenfelül még szénsavat is termel, mely előnyös lehet, bár nem nélkülözhetetlen. Ha a talajhoz ammóniát és a gabonafélék számára nélkülözhetetlen foszforsavas sókat adunk, akkor biztosítottuk a bőséges termés feltételét, mivel az atmoszféra szénsav készlete kimeríthetetlen. Nem kevésbé előnyös az égetés hatása az agyagtalaj termékenységre. Rendkívüli változások mennek végbe ilyenkor, melyre az agyagszilikátok összetételének elemzésénél derült fény az utóbbi időben. Számos agyagszilikát savakban oldhatóvá válik, ha előtte olvadásiig izzítják. Ezekhez tartozik a fazekasagyag, a

pipakészítéshez használt agyag, a vályog és a talajban található agyagfélések. Koncentrált kénsavban órákig forralva ezek az agyagok nem változnak, azonban enyhe izzítással (mint a pipakészítéshez való agyag némely timsógyárban) savoldhatóvá válnak és kovasavuk kocsonyás anyagként oldható alakban kiválik.

A közönséges fazekasagyag összetétele a legtöbb növény buja terméséhez szükséges tápelemkészletet biztosítaná, de a gyökereknek hozzáférhetetlen. Az agyagba nem képesek behatolni a levegő, az oxigén és a szén-sav, valamint a növényi gyökerek. Izzítást követően azonban fellazul és mindezen tulajdonságokat felveszi. A Gloucester melletti Hardwick-Courtban láttam Baker úr agyagos terméketlen kertjét, mely égetéssel termékennyé vált. Az eljárás nem volt nagyon olcsó, mivel az égetést három láb mélységig végezték, a kívánt célt azonban elérték. Az égetett agyag minőségének változása megfigyelhető a tégláépületeken is. A flandriai városokban majdnem minden épület égetett téglából készült. A falakon már néhány hónap múltán fehér sókiválás figyelhető meg. Amennyiben az alkálifém karbonátok és szulfátok az esővel bemosódnak, hamar új sókiválás jelenik meg a téglák felszínén. Mindez még a téglafalú Lille évszázados erődítményén is látható. Feltűnő a mész hatása ezekre a só-kiválásokra. Először ugyanis ott jelennek meg, ahol a habarcs és a kő érintkezik.

A szén-savas vízben feloldódó mész mésztejként hat az agyagra. Hasonló a márgázás hatása a talajra, hiszen a márga mészben gazdag anyagot jelent. A márgatalajok igen termékenyek. Izzítással még hatékonyabbá válhat a márga és a mészkő. Az oltott mész készítésére alkalmas számos mészkő. Az ún. természetes "cementkövek" égetett állapotban néhány órán át vízben állva annyi maró alkálit adnak le a víznek, hogy ezután a lúgot mosás céljára is fel lehet használni. A barna- és a kőszén hamuja is alkalmas a talajok javítására. Különösen azok a hamufajták alkalmasak, melyek savakkal zselatinszerű anyagot képeznek, mésztejjel keverve pedig az oltott mészhez hasonlóan bizonyos idő után megszilárdulnak.

Az ugar, a meszezés, az agyag égetése azonos elveken nyugszik. Eszközül szolgálnak arra, hogy az alkálikus Al-szilikátok mállását gyorsítsuk és ezzel a növényi tápelemeket felszabadítsuk. A fenti okfejtés olyan talajokra vonatkozik, melyek kedvező fizikai tulajdonságokkal rendelkeznek. A nehéz és tömör agyag a növények gyökérzetével szemben túl nagy ellenállást fejt ki. Nyilvánvaló, hogy az ilyen talaj mind a növények, mind a levegő és a nedvesség számára hozzáférhetőbb lesz, ha finom kvarcot keverünk hozzá. Így eredményesebben javítható, mint a túl gyakori szántással. A jó talajszerkezet, a levegő- és vízáthárthatóság megfelelő trágyázással fenntartható. A tömör agyagok trágyázásánál előnyben kell részesíteni a szalmás istállótrágyát, mely a talaj fizikai tulajdonságait javítja. A trágyák hatása ugyanis eltérhet még egyező kémiai összetétel esetén is. Más lesz a tömör, nehéz állati ürülékek (birkatrágya), illetve a laza, porózus ürülékek (tehéntrágya, lótrágya) talajra kifejtett hatása.

A szerkezet nélküli futóhomok és a nehéz agyag egyaránt terméketlen. A mérsékelt laza talaj nyáron termőképesebb lehet, mint a kötöttebb, mert az esővizet azonnal a gyökerekhez juttatja, míg a nehéz talajon előbb párolog el, mintsem a talaj át tudná eresztetni. Tápelemkészletük megfelelő, mégis csökkent termékenységek az agyag és nagy mennyiségű finom homok keverékéből álló talajok, melyek erős esőzések után pépszerű iszappá alakulnak, majd zsugorodás nélkül levegőtlen tömeggé szilárdulnak. Az eltérő talajok nem javíthatók ugyanazon a módon, pl. ugarolással. Sem a homokot, sem a túlságosan kötött agyagot nem célszerű további aprítást eredményező beavatkozásnak kitenni. Az ugarolás jelentős eredménye a talajérettség, mely a tápanyagok egyenletes eloszlását és a gyökerek növekedésével szembeni legkisebb talajellenállást jelenti. A beérett talaj a növények állóképessége, egészsége szempontjából is a legkedvezőbb. Némely talaj fizikai tulajdonságainak javítása egyedül ugarolással alig érhető el, esetenként más eszközökhöz kell folyamodnia a gazdának.

A talajfizikai körülményeket a vegyész nem veszi tekintetbe, pedig az ásványi tápelemkészlet ismerete önmagában nem elégséges a talaj jóságának elbírálásához. Ha a kémiai elemzést összekapcsoljuk a mechanikai elemzéssel, akkor már egy alapadattal többel rendelkezünk. A mechanikai elemzés a talajt képző részecskék, mint a durva és finom homok, az agyag és a növényi eredetű anyagok stb. arányának meghatározását jelenti. Hangsúlyozni kell a talaj fizikai tulajdonságainak jelentőségét a növények tápanyagfelvételében. Sok gazda zavaros nézeteivel szemben erről a problémáról még a következőt kell elmondanunk. A fizikai tulajdonságok érzékszerveinkkel felfoghatók, mint pl. a szín, tömödöttség, porozitás stb. Az érzékszerveinkkel nem észlelhető kémiai sajátosságok a talajbani átalakulásokat, reakciókat jellemzik, mint pl. a tápanyag megkötődése ill. felszabadulása. A kedvező fizikai tulajdonságok hiánya akadályozza a kémiai reakciók megnyilvánulását, a kémiai kötődés vagy felbomlás folyamatait. Önmagukban azonban semmiféle hatást nem fejtenek ki.

A növény táplálásakor tömegében gyarapodás áll elő, hiszen a súlynövekedés csak a mérhető részecskék felvétele következtében mehet végbe. Amikor egy anyag a növény táplálásához hozzájárul, egyben alkotórészévé is válik és tömegével a növény súlyát növeli. Könnyen belátható, hogy a talaj fizikai tulajdonságai önmagukban nem játszanak direkt módon szerepet a növények táplálásában. A terméketlen talaj is rendelkezhet ideális fizikai adottságokkal. A növény táplálásához tápelemekre van szükség, melyek felvételét segíthetik a kedvező fizikai jellemzők. Ha pl. a tömödöttség nem teszi lehetővé a gyökerek fejlődését és eljutásukat a tápanyagokhoz, vagy a talaj nem ereszt át a vizet, akkor a tápelemek nem kerülhetnek a növény szervezetébe. Egy szelet húsnak tápláló tulajdonságai vannak, de nem a fizikai tulajdonságain (a színén, keménységén, rostosságán, tömödöttségén) keresztül fejti ki tápláló erejét, hanem azáltal, hogy alkotórészei beépülnek az emberi szervezetbe. Ha valaki csak a hasára helyezi a hússzeletet, nem fogja táplálni, mert ahhoz fel kell oldódnia és be kell jutnia a vérkeringésbe.

A váltógazdálkodás

Az állati szervek és a vér, csontok, szőrzet stb. ásványi elemeket tartalmaznak, melyek hiányában a szervezet nem képes fejlődni. A vérben foszforsavas alkáliákat, az epében alkáliákat és ként, az izmokban is ként, a vörös vérfestékben vasat, a csontokban Ca-foszfátot, az idegekben és az agyban valamint a húsból foszforsavat és alkálisóit, a gyomorsavban pedig sósavat találunk. A sósav valamint az epe Na-ának egy része a konyhasóból származik. Sósav nélkül az emésztés lehetetlen, ezért az élet feltétele. Amikor fiatal galambot olyan búzával etetünk, amelyből hiányzik a csontjai képzéséhez szükséges Ca-foszfát (Chosset: Beszámoló az Akadémiának. Párizs, 1842. június), akkor csontjai mind vékonyabbak, törékenyebbek lesznek és végül elpusztul. Amikor a madarak táplálékából elvonjuk a Ca-ot, hék nélküli tojásokat tojnak.

A tejelő tehén főleg gumókból és gyökerekből álló takarmányon tartva (mint a burgonya és a marharépa, mely Mg-ot tartalmaz, de Ca-ot csak nyomokban) megbetegszik. A tejjel ugyanis minden nap Ca-foszfátot vonunk el anélkül, hogy a táplálékában visszaadnánk. A mészesvesztést csontjaiból pótolja, melyek így fokozatosan elvesztik szilárdságukat és végül nem lesznek képesek az állat súlyát hordozni. Amennyiben a galamb táplálékához árpaszemeket vagy borsót, illetve a tehén takarmányához árpaszalmát vagy herét adunk, melyek gazdagok Ca-ban, az állat egészséges marad.

A Dél-Amerika bányáiban dolgozó munkások napi teljesítménye talán legnagyobb a világon, mert 180-200 fontnyi ércet kell 450 láb mélységből vállaikon felhozni a felszínre. Kizárólag kenyéren és babon élnek. Szívesebben fogyasztanak a kenyeret, de gazdáik szerint egyedül kenyérrel nem őrizhető meg jó munkavégző képességük. Úgy bánnak velük mint a lovakkal, kényszerítik őket, hogy babot is egyenek (Darwin: Journal of Researches, p. 324.). A bab ugyanis gazdag csontképző anyagokban. Az emberek és az állatok vérük ill. testük alkotórészeit a növényekből kapják. Az állat számára is nélkülözhetetlen tápelemek egyenlőtlenül oszlanak el a növényi részekben. A gumó és a gyökértermések összetétele eltér a magvakétól. A burgonyagumóban pl. 75-77 % víz és 23-25 % szárazanyag található. A szárazanyag mechanikai eljárással szétbontható 18-19 % keményítőre és 3-4 rész lisztszerű rostra. A hiányzó 2 % sókból, valamint S-t és N-t tartalmazó albuminból áll. A répában 85-90 % a víz. Amennyiben 25 súlyrész szárazanyagot bontunk mint a burgonyánál, 18-19 rész cukrot és 3-4 rész sejtfalat kapunk. A hiányzó 2 % fele sókból, a maradék pedig hasonlóképpen albuminból tevődik össze. A fehérrepában 90-92 % a víz. A 25 rész elbontott szárazanyagra számítva 18-19 rész pektin, kevés cukor, 3-4 rész sejtszövet, 2 rész só és albumin található. A cukor, a pektin és a keményítő N-mentes anyagok, melyek a növényben szabadon fordulnak elő, nincsenek alkálikus bázisokhoz kötve. A szén(sav) és a víz elemeiből képződött szénhidrátok a burgonyában keményítővé, a répában cukorrá, a fehérrepában pektinné alakulnak. A gabonafélék szemtermésében a S- és N-tartalmú fő alkotórész a fibrin; a borsóban, babban és lencsében a kazein; az

olajos növények magvaiban az albumin és egy kazeinhez hasonló anyag. A gabonaszemekben a fibrint keményítő kíséri. A fibrin a pillangósok sziklevelében is előfordul. Az olajos magvakban a keményítőt N-men-tes olajok helyettesítik. A cukor vagy a keményítő képződéséhez más arányban kell a tápanyagoknak jelen lenniük, mint a S- és N-tartalmú fehérjéknél.

A szerves savak bizonyos életfunkciókat látnak el. Az éretlen gyümölcsök és a szőlő nagy savtartalmuk miatt élvezhetetlenek. Napfény hatására azonban ugyanúgy viselkednek mint a levelek, vagyis szénsavat vesznek fel és O-t adnak le (De Saussure). A savtartalom csökkenésével a cukor aránya nő, tehát a sav szénsava cukorrá alakult a víz elemeivel egyesülve, miközben O lép ki. A szőlő borkósava, a cseresznye és ribizke citromsava, a nyári alma almasava ezek szerint a szénsav cukorrá alakulásának közbülső láncszemeit képezik. Megfelelő hőmérséklet és elegendő napfény hiányában ez az átalakulás nem megy végbe. A madárberkenye termésében a borkósav almasavvá alakul, vagyis az O-ben gazdagabbat O-ben szegényebb sav követi. Az almasav később a bogycsóból fokozatosan eltűnik és helyére mézga és növényi nyálka lép. A növény szénsavat asszimilál. Vajon a szénsav azért alakul borkó-, szőlő-, citromsavvá stb., hogy végső célként újra visszaalakuljon szénsavvá? Nyilván nem. Amennyiben a szerves savak a cukorképződésben részt vesznek, akkor valamennyi szénhidrát ilyen módon jön létre. Tehát a keményítő, pektin, mézga nem közvetlenül alakul a szén és víz egyesülésével, hanem fokozatos, lépcsőzetes átmenet során keletkeznek. Az újabb és újabb vegyületek minden átalakuláskor szegényebbek lesznek O-ben és gazdagabbak H-ben. A terpentinolaj képződése elképzelhetetlen analóg közbülső láncszemek nélkül.

Az O-dús savak tehát az O-szegény szénhidrátok előzményei. Savak ritkán fordulnak elő szabadon, legtöbbször alkálisók alakjában találhatók. Az alkáliák ebből adódóan a szénhidrát-szintézis előfeltételeit is jelentik. E bázisok nélkül szerves savak esetleg képződhetnek, de szénhidrátok már nem. Azon növényi részekben, ahol a szerves savak szabadon fordulnak elő (mint pl. a citromban a citromsav, a csicseriborsóban az oxálsav) nem képződik cukor. A fiatal hajtásokban, levelekben és bimbókban, ahol intenzív az asszimiláció, az alkáliák koncentrációja is a legnagyobb. A cukorban és keményítőben gazdag növények egyaránt sok alkáliát és szerves savat mutatnak, tehát a cukorral együtt találjuk a sókat. Az alkáliák hiánya a növény fejlődését, a szénhidrátképzést akadályozza, tehát nyilvánvalóan nem elégséges a szénsavat és a humuszt önmagában biztosítani.

A növényi fehérjék S és N tartalma, alkalikus foszforsavas sói és a kloridok az állat vérének és húsnak mennyiségét gyarapítják. A S- és N-tartalmú fehérjék vagy szerves véralkotók a növényben alkalikus foszfátokkal együtt fordulnak elő, azaz mennyiségükkel a fehérjék mennyisége is növekszik vagy csökken. Az alkalikus foszfátokat szervesetlen véralkotóknak nevezzük. Amennyiben a gazda maximális mennyiségű állati terméket (hús és vér) akar elérni, akkor az atmoszféra által nem biztosított tápelemekből bőségesebb ellátást kell nyújtania. A vér

sói és a takarmány sói hasonlóak. Így pl. a birkatakarmány fehérrepa és a birka vére ugyanazokat az ásványi alkotóelemeket tartalmazzák közel azonos arányban. Disznóvér a borsóval, csirkevér a gabonamaggal rokon összetételű. A hús sótartalma (növény- és húsevőké egyaránt) azonos a gabonamagvakban található sókkal. Hamuelemzések eredményei a következők (%):

Alkotó- részek	Birkavér (Verdeil)	Marhavér (Stölzel)	Káposzta (Stammer)	F.répa (Stammer)	Burgonya (Griepenkerl)
Foszforsav	14.80	14.04	13.70	14.18	16.83
Alkáli-fémek	55.79	59.97	49.45	52.00	55.44
Alkáli-földfémek	4.87	3.64	14.08	13.58	6.74
Karbonátok	19.47	18.85	12.42	8.03	12.00

A hamut %-ban számították, a konyhasó és a vas mennyiségét már előzetesen levonták. Ami a 100 %-hoz még hiányzik, azok a véletlenszerűen előforduló alkotórészek, mint pl. a kénsav, kovasav stb. Az egyéb össze-hasonlítható hamuelemzéseket a következőkben mutatjuk be (%):

Ásványi elemek	Kutyavér ¹⁾ (Verdeil)	Ökörhús (Stölzel)	Disznóvér ²⁾ (Strecker)
Foszforsav	36.82	42.03	36.5
Alkáli-fémek	55.24	43.95	49.8
Alkáli-földfémek	2.07	6.17	3.8
Kovasav és kénsav	5.87	7.86	9.9

1) = húsevő

2) = borsón és burgonyán tartva

Ásványi elemek	Borsó (Fresenius)	Csirkevér (Henneberg)	Rózsa (Fresenius)
Foszforsav	34.01	47.26	47.29
Alkáli-fémek	42.52	48.41	37.21
Alkáli-földfémek	9.61	2.22	11.60
Kovasav és kénsav	10.86	2.11	3.90

A keményítő, a cukor és a mézga önmagában nem tartalmaz alkáliákat, hiszen szénhidrátok, de nyomokban foszfátok előfordulhatnak a keményítő-lisztben. A szénhidrátok mennyisége növényfajonként is eltérhet, míg a fehérjék mennyiségét döntően az ásványi táplálás szabályozza, a kínálat. Ha pl. az egyik növény kevesebb N-t kap, akkor a szervesetlen véralkotók, az alkalikus foszfátok sem

hasznosulhatnak. A fehérjedús növény tehát több ásványi sót képes felvenni. Mindez kihat a talajkimerülésre. Két azonos fajtájú növény kölcsönösen ártani fog egymásnak, ha a talaj és az atmoszféra mint élettér tápelemkínálata korlátozott. A búzának leginkább hátrányos a búza, a burgonyának a burgonya, mivel a tápelemeket egyoldalúan hasznosítják a talajból. A kedvezőtlen hatás egyaránt előáll a sűrűn egymás mellé, valamint a monokultúrában egymás után vetett állományban. Forgóban a talajkimerülés később jelentkezik, mert a különböző növényfajok eltérő mélységből és frakciókból táplálkoznak. A növények tápelem-szükséglete is más, mely lehetővé teszi termelési sorrendjük kialakítását. A hamuösszetétel alapján megkülönböztetünk kálium vagy alkálifém kedvelőket és mészkedvelőket Ca- és Mg-ban gazdag hamuval. Az összetétel a tápelemigény tükröire is egyben, mely alapján lényegesen különböznek.

A K-ot kedvelőkhöz tartoznak pl. a libatop-félék és a fehér üröm, a kultúr-növények közül a takarmányrépa, a fehérrépa és a kukorica. Mészigényes a Ca-oxalátot tartalmazó zuzmó, a kristályos Ca-tartarátot tartalmazó kaktusz, a here, a bab, a borsó és a dohány. Kovasavat kedvelő a búza, zab, rozs, árpa. Ennek a beosztásnak nem élesek a határai és sok alcsoportot lehet képezni. A burgonya leveleinek összetételét tekintve mészkedvelő, gumója alapján azonban K-igényes. A kovasavat kedvelő növényeknél ezek a különbségek különösen szembetűnők. Az árpa a zabbal és a búzával összevetve Ca-igényes, kovasavkészségét illetően viszont a kovasavat kedvelőkhöz kell sorolni. A takarmányrépa Mg-foszfátot és aránylag kevés Ca-ot tartalmaz, a fehérrépa viszont fordítva. A hamu mennyiségéből és összetételéből becsülhető a talajkimerülés (kg/ha):

Növény ill. növényi rész	Foszfor-sav	Kálium-oxid	Nátrium-oxid	Kalcium-oxid	Magnézium-oxid	Kovasav
<i>Búza</i>						
Szem	18.9	10.5	0.9	0.9	4.4	0.6
Szalma	20.2	27.3	17.4	18.8	8.9	163.6
<i>Borsó</i>						
Szem	16.8	15.5	2.3	2.9	3.2	0.5
Szalma	11.9	38.4	8.1	89.2	16.1	11.7
<i>Burgonya</i>						
Levelek	15.8	76.9	4.4	30.0	16.5	0.5
Gumó	40.4	131.9	2.3	2.3	10.2	3.7
<i>Takarm.répa</i>						
Levelek	12.6	82.0	47.4	15.5	19.6	12.7
Répa	26.8	163.0	123.0	10.6	11.9	11.4

Egyetlen kultúra sem képes a talajt javítani, ill. tápanyagokban gazdagabbá tenni. Amikor azonban az erdőt művelt területté tesszük, ill. a kivágott fák és bokrok hamuját a talajon szétszórjuk, akkor tápelemekből olyan tartalékokat képezünk, mely némely növény száz vagy még több évi terméséhez elegendő. Ha a feltört talaj könnyen málló szilikátokban gazdag, akkor a szalma K, Na, Si igényét

fedezi. Ha viszont meszet és foszfátokat tartalmaz bőségesen, akkor sok éven át herét, dohányt, borsót, babot stb. és szőlőt termelhetünk rajta.

Trágyázás nélkül idővel ez a talaj is kimerül. Mivel a különböző tápanyagokat nem azonos mennyiségben tartalmazza, a kimerülés az egyik növény-nél előbb, a másikon később fog bekövetkezni. A szilikátgazdag de foszforszegény talaj búzatermesztéssel előbb válik terméketlenné, mint a rozskultúrával. Búza-szemben több a P, mint rozsszemben. Egységnyi búzatermés hamujának súlya a rozshoz 20:16, a benne lévő foszfátoké pedig 18:13, a szalmát nem is számítva. Mészhiányos földön az árpatermés fog csökkenni. A szemképzéshez szükséges foszforsók hiánya miatt a búza termése az egyik évben kilencszeres, a másikban csak háromszoros vagy kétszeres. A borsó vagy bab termesztésekor elegendő felvehető kovasav maradhat a következő évi búzának, de foszforsókban ugyanúgy kimerül a talaj, mivel mindhárom növény P-igénye közeli. A burgonya vagy a here ezzel szemben más tápelemarányokat igényel és a mélyebb rétegekből táplálkozik, így a talaj többet teremhet. De minden termés elszegényíti a talajt. A mélyen gyökerező növények beiktatása a talaj kimerülésének idejét pusztán kitolja, de az okot nem szüntetheti meg.

A mészben szegény talajon a dohány, here és a borsó gyengén fejlődik, viszont megfelelő répa teremhet. Amennyiben a talaj lassan málló szilikátokat tartalmaz, esetleg 3-4 év kell egy búzatermés igényének kielégítésére és csak minden 3. évben vethetünk búzát. A mállást gyorsítva több oldható kovasavas só képződhet (ugar, művelés, meszezés), de a talajkimerülés is előbb következik be. A szilikátok és az agyag mállásakor felvehető kovasav, valamint a gabonaszalma igényét jelentősen meghaladó oldható alkálifém készlet keletkezik. Az egyenértéknyi földpátból az egyenértéknyi K mellett egyenértéknyi kovasav is létrejön. A gabonaszalmában ugyanakkor 10:2 a kovasav/kálium aránya. A két búzatermés közé iktatott ugar alkáli (K) feleslegét más növények hasznosíthatják, a répa vagy a burgonya pl. sok K-ot igényel aránylag kevés kovasavval.

Az előzőekben vizsgáltuk az állandó növénytermesztés talajra gyakorolt hatását. A tengerekben a növények és állatok milliárdjai követik egymást. Az állatok alkotóelemeit a növényekből származtatjuk. Pusztulásuk után az elemek eredeti alakjukat veszik fel és új állatgenerációnak szolgálnak táplálékul. A vízben oldott oxigéndús levegőből (mely 32-33 térfogat %-ot tartalmaz, míg az atmoszférikus levegő csak 21 tf %-ot) származik a légzéskor elhasznált O, melyet a tengeri növények visszatáplálnak a vízbe. Ez az O az elhalt állatok bomlása során keletkező anyagokat átalakítja. A szén szénssavvá, a H-t vízzé transzformálja, ugyanakkor az elhalt szervezetek N-je ammóniává alakul. Az elemek szigorúan zárt körforgalma játszódik le a tengerekben, mely időtartamában nem korlátozott, de kiterjedésében igen. A növényi tápanyagok adott térben és véges mennyiségben vannak jelen. A tengeri növények nem a gyökereikkel táplálkoznak. Vajon mennyi tápanyagot tud az óriásfolyondár ökolvasztagságú gyökere a csupasz vízalatti szikladarabból felvenni, melynek felületén a legcsekélyebb elváltozást sem lehet észrevenni? A növény hossza a 360 lábat is eléri (Cook) és egyetlen példánya a tengeri állatok ezreit képes táplálni! A növénynek nyilvánvalóan csak a

megkapaszkodást biztosító pontra van szüksége, mert a vízi élettér biztosítja a szükséges táplálékot.

A tengervíz tartalmazza mindazon anyagokat (ásványi sókat, ammóniát és a szén-savat is beleértve), amelyekre a tengeri növénynek szüksége van és hamujában fellelhetők. A növény tápanyagfelvétele lényegében megegyezik a szárazföldi növényekével, azzal a módosulással, hogy a szárazföldi növény két közegre van utalva. A talaj azokat az alkotórészeket tartalmazza, melyek a másik közegből, az atmoszférából hiányoznak. Hogyan lehetséges, hogy valaha is kétségeink voltak a talaj tápláló funkcióját illetően? Pedig létezett egy kor, amikor az ásványi elemeket nem tartották szükséges alkotóknak! A szárazföldön is megfigyelhető az előbbiekben leírt elemforgalom a talaj-növény-állat-ember láncban, ahol az egyensúly állandó felbomlása és helyreállása valósul meg. A tápelemek talajból a növénybe, növényből az állatba és az emberbe jutnak. Az emberi és állati ürülék növényi anyagokból származik, mely korábban talajalkotóként létezett. Az atmoszféra ezeket az anyagokat nem pótolhatja. Az állati és növényi szervezetek eredetére, az ásványi tápelemek hasznára vonatkozó ennyi átütő bizonyíték után fennállhat-e a legcsekélyebb kétség a racionális gazdálkodás alapelveit illetően? A mezőgazdálkodás művészete nyugodhat-e valami máson, mint a megzavart egyensúly helyreállításán?

A természetről és az anyagok tulajdonságairól alkotott tökéletlen ismeret az alkimia időszakában azt a véleményt alakította ki, hogy a fémek (az arany) egy magból keletkeznek. A kristályokról és azok elágazásáról azt hitték, hogy azok a "fém-növény" levelei és ágai. Arra törekedtek, hogy megtalálják a magot és ennek a magnak a kifejlődéséhez alkalmas földet. Ugyanis anélkül, hogy látszólag adtak volna valamit is a növényi magnak, az képes volt szárrá, törzssé fejlődni, mely virágokat hozott és ismét szemeket termelt. Ha ugyanis megtalálják a "fém-magot", akkor hasonló reményeik lehettek volna annak szaporítására. Ilyen elképzelések csak olyan időszakban születhettek, amikor az atmoszféráról jóformán semmit sem tudtak, amikor fogalmuk sem volt arról, hogy a föld és a levegő a növényi és állati életfolyamatokban milyen szerepet játszik.

A mai kémia elemeire tudja bontani a vizet, majd ezekből az elemekből ismét elő tudja állítani valamennyi tulajdonságával együtt. De magukat az elemeket nem tudja előállítani, csak a vízből tudja kinyerni őket. Az újonnan képződött "mesterséges" víz eredetileg is víz volt. Sok mezőgazdánk hasonló a régi alkímistákhoz. A bölcsek követ, azt a csodálatos magot keresik, mely talaju-kon minden további tápanyag hozzáadása nélkül százszoros termést hoz. Az évszázados, sőt évezredek tapasztalatok nem képesek őket újabb és újabb csalódástól megóvni. Az ilyen babonákkal szemben csak az igazi tudományos alapelvek védhetnek meg. A természetfilozófia első időszakában úgy gondolták, hogy egyedül a vízből jött létre az élet. Később a vízről és a levegő bizonyos alkotóelemeiről gondolták ugyanezt. Ma már tudjuk, hogy ehhez a két lényeges tényezőhöz a talaj is társul, amelyen növények élnek.

Az atmoszféra tápanyagkészlete korlátozott, de bőségesen elegendő a földi növényzet számára. A trópusokon és a Föld azon tájain, ahol a talaj termékenységéhez a legáltalánosabb feltételek (a nedvesség, az alkalmas talaj, a fény és magasabb hőmérséklet) együttesen jelen vannak, ott a vegetáció szinte korlátlanul fejlődik. Ahol hiányzik a növény kapaszkodásához szükséges talaj, ott az elhalt növényzet, a kéreg és az ágak alakulnak át talajjá. Világos, hogy e tájak növényei nem szenvedhetnek hiányt az atmoszférikus tápanyagokban, s ezek a kultúr-növényeink számára sem hiányoznak. A levegő szakadatlan áramlása következtében minden növény hozzájut a fejlődéséhez szükséges gázalakú tápanyagokhoz, melyekből a trópusi levegő sem tartalmaz többet, mint a hideg zónáké. Mégis, a különböző tájak termőképessége mennyire eltérő.

A trópusi növények mint az olajpálma vagy a cukornád szegényebbek a mi kultúrnövényeinkhez képest olyan véralkotókban, melyek az állatok táplálkozásához nélkülözhetetlenek. A Chilében található és magas bokrú, burgonyához hasonló növény gumói pl. egy egész hold területről betakarítva is alig fedeznék egy írországi család napi élelmét (Darwin). Képződnek szénhidrátok mint a fa, cukor, keményítő a növényekben, de véralkotó fehérjék és sók kevésbé. Ha többet akarunk termelni, mint amit a vad növények képesek létrehozni, akkor megfelelő elemekkel trágyázni kell.

Az aszályra hajló homokon, az erősen meszes talajon vagy a csupasz sziklán kevés növényfaj él meg. Legtöbbször csak évelő növények, melyek lassú növekedéséhez kevés ásványi tápanyagra van szükség. Az egynyári növények viszonylag gyorsan eléri teljes fejlettségüket, de a terméketlen talajon nem boldogulnak. Ilyenkor nem elegendő az atmoszférából nyert tápanyag, a talajba mesterségesen kell bejuttatni ammóniát és néha a szénsavat is. Mennyire másként viselkednek az örökzöld és az olajos növények, a mohák, a túllevelűek és a szukkulensek. Télen és nyáron, az év minden szakában képesek a szénsav felvételére a levegőből, bőrszerűen húsos leveleik a felszívott vizet nagy erővel tartják vissza, alig párologtatva. És milyen kevés ásványi anyagot igényelnek az egész évi fejlődés során, összevetve azzal, amit a hasonló súlyú búzatermés három hónap alatt vesz fel a talajból!

A vetésváltás előnye abban rejlik, hogy a K-ot kedvelő növény (répa, burgonya) után kavasavat kedvelőt, ez után pedig meszet kedvelőt termesztünk. De a vetésváltás kedvező más okból is. A tápanyagok főleg abszorbeált állapotban, talajnedvességben csak alig oldható formában vannak a talajban. Azáltal válnak oldhatókká és felvehetőkké, hogy a növényi gyökerekkel közvetlenül érintkezésbe kerülnek. Így válik érthetővé a talaj gyökerekkel való behálózásának jelentősége. Minél nagyobb a gyökerek felülete és minél mélyebbre hatolnak, annál több talajrézecskevel kerülnek érintkezésbe, ill. annál könnyebb az elemfelvétel. Ha viszont a gyökerek felülete csekély és csak a szántott rétegbe jutnak, akkor a szántott rétegnek igen gazdagnak kell lennie.

A váltógazdálkodás további előnye tehát abban rejlik, hogy a fajok eltérő gyökérzete a különböző talajrétegek tápanyagainak hasznosítja. Ezek után érthető besorolásuk ún. "feltalaj" (Krumenpflanzen) és "altalaj" (Untergrundspflanzen) növények csoportjába, és ezek egymásutánisága a vetésváltás során. Egymás után is vethető azonos növény, mert a másodikként vetett nagyobb gyökérfelülettel fog rendelkezni és újabb talajrészecskékkel érintkezik. A here, takarmánrépa, csillagfürt stb. termesztésével a gazda azonban nemcsak takarmányt biztosít állatainak, hanem gabonaföldjeit is trágyázhatja. Az altalaj tápanyagaival gazdagíthatja a szántott réteget, ha zöldtrágyának pl. csillagfürtöt termel és a virágzó növényeket beszántja. Ezzel maximális mennyiségű tápanyagot és szén-savban gazdag atmoszférát tud előállítani a következő vetésnek. Az összes, levegőből felvett N az új vetés erőteljesebb és bujább fejlődését szolgálja. Látható, hogy a váltógazdálkodással a mesterséges humuszgyarapításra is lehetőség nyílik. Még egy módon indokolták a váltógazdálkodás előnyeit. Feltételezték, hogy a gyökérváladékok ürülékszerű anyagok, melyek ártanak annak a növényfajnak, amelytől származnak. Mivel felhalmozódhatnak a talajban, a termés csökken monokultúrában. A fiziológusok körében azonban a vélemények megoszlanak. Az esővízbe helyezett élő fűzfaágtól a víz lassanként sötétbarnává színeződik. Hasonló jelenséget mutatnak a hagymáról szaporodó növények (jácintfélék) tiszta vízben tartva, ill. a vízkultúrák kísérletek is. Régebben számos olyan anyagot excrementumnak, váladéknak tartottak, melyek az újabb megfigyelések szerint átalakulási termékek. Bizonyos gyökérváladékok elvileg károsak lehetnek a növény fejlődésére, de a talaj abszorpciós erejének, valamint a szerves anyagok gyors oxidációjának következtében az említett "káros váladékok" eltűnnek.

A monokultúra a talaj kimerülésével függ össze. A talaj tápelemkészletétől függ a termések száma, míg a felvehető tápanyagok arányától és eloszlásától az adott növényfaj egymás utáni termesztésének lehetősége. A felvehető készlet lehetővé teheti, hogy kétszer egymás után vessük a középső talajrétegeket elérő K-igényes növényt, vagy egy mélyen gyökerező, meszet igénylő kultúrát. Háromszor vagy még többször vethetünk egymás után sekélyen gyökerező, kovasavat kedvelő növényt. Mindezeket együttesen figyelembe véve a készlet 5-7 aratáshoz elegendő lehet. Az egyensúlyt ezután ismét helyre kell állítani trágyázással, ha azt akarjuk, hogy a szántóföld visszanyerje eredeti termékenységét.

A trágya

Az állati ürületek értékéről és hatásáról mindenekelőtt eredetük informálhat. Az éhező ember vagy állat néhány nap alatt lefogy. A tartós éhezésnél eltűnik a zsír, az izmok anyagai, a test vérszegény lesz és végül csak csont és bőr marad vissza. Megfelelő táplálásnál azonban az egészséges felnőtt súlya nem változik. Évente testsúlyunk többszörösét fogyasztjuk el kenyér, hús stb. alakjában. A táplálékkal C, H, N, S és egyéb ásványi anyagokat veszünk magunkhoz. Hová kerültek az ételek alkotóelemei, milyen célt szolgáltak? Milyen alakban léptek ki a szervezetből? Testünk ásványi sói, C és N készlete nem nő. Az állat a növénytől

eltérően szakadatlanul O-t vesz fel a levegőből légzéssel, a tüdő véráramával. Minden egyes beléggzéssel a felnőtt ember vére 20-25 cm³ O-t abszorbeál, tehát 24 óra alatt kb. 900 g-ot, egy év alatt több száz fontnyit fogyaszt. Ismét feltehetjük a kérdést: hová kerül ez az oxigén? Az ételekből is és a levegőből is több fontnyit veszünk fel naponta, testünk súlya lényegében mégsem változik.

Az ételek az O-nel egyesülve elégnék a szervezetben és szénsav ill. víz alakjában távoznak. A C és a H a táplálékból ered. A kenyeret, húst, burgonyát, szénát, zabot kályhában elégetve a táplálékok C-tartalma szénsavvá, a H-je vízzé, N-je ammóniává, S-tartalma kénsavvá alakul, az ásványi alkotók pedig hamuként maradnak vissza. Az illó, elpárolgó termékek a szénsav, szénsavas ammónia és a víz. A tökéletlen égéskor ezenkívül füstöt vagy kormot kapunk. Az el nem égő maradékban a sókat eredeti arányaikban találjuk meg. A hamuból vízzel kioldható az alkáliák és a foszfátok egy része, valamint a konyhasó és a kénsavas sók. A vízben oldhatatlan maradék Ca-ot, Mg-sókat, valamint kovasavat tartalmazhat. Ugyanez játszódik le az állatok szervezetében. A bőrön és a tüdőn keresztül eltávozik a táplálék C- és H-tartalma víz és szénsav formájában, míg az összes N a húgyhólyagban gyűlik össze karbamidként. Ez vízzel egyesülve ammónium-karbonáttá alakul. Ugyanannyi C, H, N lép ki a szervezetből a test eredeti súlyának helyreállása után, mint amennyit a táplálékkal elfogyasztottunk. Csak a fiatakori és a hízó szervezetben van súlygyarapodás, míg az aggkorban súlycsökkenés lép fel. A faeces el nem égett anyagokat is tartalmaz, pl. farostot, klorofillt, viaszt, melyek a szervezeten változatlan formában áthaladtak. Mennyiségük ill. C, H, N készletük a felvett táplálék készletéhez képest csekély, a kályhában tökéletlenül elégett ételből származó koromhoz és füstökhöz hasonlítható.

A vizelet és a faeces egyaránt tartalmazza a táplálék ásványi elemeit. A vizeletben az oldható, a faecesben az oldhatatlan elemek gyűlnek össze (Boussingault: Annales de chimie et de phys. LXXI.). A ló hamuanyag-forgalmát az alábbi adatok jellemzik (g/nap):

Táplálékkal felvett	g	Ürülékkel távozik	g
15 font szénában	558	Vizeletben	105
4.54 font zabban	74	Faecesben	551
Elfogyasztott vízben	13		
Összesen	645	Összesen	656

A tehén hamuforgalma az alábbi, g/nap:

Táplálékkal felvett	g	Távozik a testből	g
---------------------	---	-------------------	---

30 font burgonyában	200	Vizeletben	369
A szénában	606	Faecesben	491
Elfogyasztott vízben	48	Tejben	54
Összesen	854	Összesen	914

Amint az elemzési adatokból látható, a ló és a tehén által táplálékkal felvett hamu gyakorlatilag változatlan mennyiségben megjelenik a kiválasztott ürülék-ben és a tejben. A fentieket alátámasztja Henneberg respirációs készülékkel végzett anyagcsere vizsgálatának eredménye is. (Journal f. Landw. 2. II. S.1.). A kísérletet 1425 font súlyú kifejlett vágóökörrrel végezték, az adatokat alább közöljük, font/nap:

Elemforgalom tételi	Ásványi elemek	Szén C	Hidrogén H	Nitrogén N	Oxigén O
Összes felvétel*	1.78	11.65	14.43	0.62	128
Kiválasztás:					
Szilárd ürülékkel	1.15	5.17	8.41	0.21	66
Vizelettel	0.61	0.44	2.96	0.34	23
Gázokkal (légzés)	-	5.38	2.84	-	38
Összesen	1.76	10.99	14.21	0.55	127

* Takarmány + ivóvíz + oxigén

A mérleg lényegében egyensúlyban van. A kilépő anyagok csekély hiánya azzal magyarázható, hogy az ökör 24 óra alatt 2 fonttal gyarapodott. Henneberg későbbi kísérletei (Journ. f. Landw. Bd. VI. 1870. S.1.) bizonyították, hogy a kifejlett ürök ürülékeiben a fenntartó takarmány foszforsav és kálium tartalma teljes mennyiségben kimutatható. Az állati ürülékek termésre gyakorolt kedvező hatása eredetük ismeretében már nem titokzatos és rejtélyes, a takarmánnyal talajból felvett elemeket tartalmazzák. Visszajuttatva a talajba helyreállítjuk annak termékenységét.

A termés egy részét feltakarmányozzuk, másik részét közvetlenül elfogyasztjuk liszt, burgonya, főzelékfélék stb. formájában. A harmadik részt a melléktermékek alkotják. Valamennyi ásványi elemet ismét visszanyerhetjük és csak tőlünk függ, hogy gondos összegyűjtésükkel talajbani egyensúlyukat helyreállítsuk. Kiszámíthatjuk, hogy egy birkával, ökörrel, vagy a tehén tejével, egy hektoliter árpával, búzával vagy burgonyával mennyi hamuelemet viszünk el a talajból. Az emberi ürülék összetételének ismeretében azt is megtudjuk, hogy

mennyit kell pótolni a veszteség kiegyenlítésére. Az emberi és állati ürüléket nélkülözhetnénk más források esetén. Közömbös, hogy az ammóniát vizelet vagy köszénkátrányból előállított só alakjában adjuk, ill. a Ca-foszfátot csontliszt vagy apatitporként pótoljuk.

Ha vizeletet vagy szilárd ürüléket hozunk be egy másik országból az egyenértékű a gabona vagy hús importjával, mert ezek a trágyaanyagok idővel gabona, hús vagy csont alakját veszik fel és táplálékkul szolgálnak. Az egyetlen igazi veszteség, amit szokásaink miatt nem tudunk kiküszöbölni, a csontjainkban sírba vitt foszforsavas sók. A 60 év alatt felvett táplálék minden hamueleme egyébként trágyaként visszanyerhető. Az állati ürülék elemkészlete analízis nélkül is becsülhető. Egy lónak naponta 4-5 font zabot és 15 font szénát adunk. A zab 4 %, a széna 9 % hamut tartalmaz, tehát a napi ürülékben 632 g talajból származó hamuanyag lesz. A zab és a széna hamujának elemzése megadja a kovasav, alkáliák, foszforsó mennyiségét.

Az ürülék hamuanyagának mennyisége a táplálkozás függvénye. Ha a tehénnek takarmányrépát és burgonyát adunk széna vagy árpaszalma nélkül, akkor a szilárd ürülékében alig lesz kovasav, de sok Ca- és Mg-foszfátot tartalmaz. A vizeletben főképpen a Na és K sók halmozódnak fel. A kenyér, liszt, magvak, hús fogyasztásakor P-sók is kiválnak a vizelettel. De ha a takarmány mint a széna, répa, burgonya hamujában elenyésző a K-foszfát, akkor a vizeletben sem lesz. A faecesben viszont megtaláljuk a vízben nem oldódó P-sókat. Az emberek, valamint a húst és magvakat fogyasztó állatok vizeletében a K-foszfát kimutatható, amíg a legelő állatok vizeletében nem. A takarmány sói az állatok vizeletébe és ürülékébe kerülnek, így a különböző trágyák értékét könnyű megállapítani. Az állati trágya főként azon növények számára hasznos, amelyek az állat táplálékaul szolgáltak. A borsóval és burgonyával etetett disznó trágyája mindenekelőtt a borsó- és burgonyaföldek trágyázására a legmegfelelőbb. A tehén szénát és répát kap és olyan trágyát ad, amely a füvek és a répa sóit tartalmazza és kiváló répatrágya. Így a galambtrágya a szemes takarmány, a házinyúl trágyája a lágyszárú és a főzelékféle növények elemeit tükrözi. Az emberi fekál és vizelet a magvak sóiban gazdag. A táplálékkal előre jelezhető, hogy mennyi oldható só lesz a vizeletben és mennyi oldhatatlan só a faecesben. Felesleges több elemzés adatát közölni, hiszen azok az elfogyasztott táplálék összetétele szerint különbözőek.

Az istállótrágya a szilárd ürülék és a vizelet keveréke, mely tároláskor lassú bomlásnak indul. A vizelet karbamidja illó ammónium-karbonáttá alakul, a szerves anyagok nagyrésze hőfejlődés közben gázzá válik. A trágya súlya csökken, miközben a nem illó ásványi alkotóelemek viszonylagos mennyisége nő. Ha végbemenne a teljes oxidáció csak a hamualkotók maradnának meg. A tehéntrágya %-os összetételének változását az alábbiak mutatják:

Összetevők	Frissben	Féléves trágyában
------------	----------	-------------------

Víz	84.9	79.3
Éghető anyag	12.4	14.0
Hamu	1.7	6.7

Boussingault, Ann. de chim. et de phys. III. Serie. p. 237.

A régebbi trágya 4-6-szor több hamut tartalmaz, ezzel magyarázható nagyobb hatékonysága és az, hogy a tapasztalt gazdák előnyben részesítik a frissel szemben. A trágyák hamuanyagaikkal pótolhatók. A fa vagy a gyomnövények hamuelemei azonosak az állati ürülékével, csak arányaik mások. A hamutrágya jelentőségét valamennyi gazda elismeri. Némely, hideg vízzel kilúgzott fahamu ugyanolyan arányban tartalmazza a kovasavas K-ot, mint a szalma, emellett nagy mennyiségű vízben oldhatatlan foszforsavas só is magában foglal. A fahamu értéke eltérő. A tölgyfa a legsilányabb, a bükk a legértékesebb. Számos analízis átlagában a fafélék hamuösszetétele az alábbi (%):

Faféle	K-oxid	Mg-oxid	Ca-oxid	Foszforsav	Kovasav
Bükkfa	12.5	10.8	39.3	8.7	6.7
Tölgyfa	8.6	3.5	60.3	4.4	0.9
Tűlevelűek*	10.4	7.7	40.2	4.9	9.1

* Jegenyefenyő, lucfenyő, erdeifenyő és vörösfenyő

A barnaszén és a tőzeg hamuja főként a kovasavas kálium forrása, tehát a gabonafélék szalmájának trágyaszere. Kisebb mennyiségben ez a hamu foszforsavas sókat, néha gipszet és mindig sok meszet is tartalmaz. A cukorrépa oldható sóit a cukorrépa-melasz szeszfőzdei melléktermékeiben nyerjük vissza. Franciaország, valamint Skócia és Írország partjain sokszor összegyűjtik a tengeri moszatokat, melyeket a hullámok a partra sodornak, ill. a sziklákon nőnek. A moszatot elrohasztják és így trágyaszerként használják, vagy égetés után elszéneseedett állapotban terítik a földekre. Az ottani gazdák által nagyrabecsült trágya értékét jól jellemzik Anderson analízisei. A friss tengeri moszat kereken 10 % hamut tartalmaz, melyben 13 % K-oxid, 4-5 % foszforsav, 18 % Ca-oxid, 6-7 % Mg-oxid, 6 % kénsav, 3 % kovasav és 22 % konyhasó található.

Toscana némely gyéren lakott vidékén a talaj tápanyagait úgy gyűjtik össze, hogy csillagfürtöt termesztenek magra, majd a magvakat forró vízzel vagy pörköléssel csíráztatják és a sűrűn lakott körzetek talajain trágyaként felhasználják. Egyes cukor- és keményítőgyárak közelében a szennyvíziszapot, a répa és burgonya "iszapot" sikerrel alkalmazzák. Hasonló módon járnak el a szőlőszemek kipréselése után visszamaradt törkölyel, az olajos növények szemének kipréselése

után visszamaradó olajpogácsával (repcepogácsa stb.), valamint a sörfőzdekben felhalmozódó malátacsírával és más hulladékanyagokkal. Mindezek a hulladékok az ásványi elemeken felül tartalmazznak még C- és N-tartalmú szerves anyagokat is, tehát szénsav- és N-források. Az állati test azon ásványi elemek raktára, melyet élete során felhalmozott. Az állatok vérével, bőrével, ináival, gyapjával, szőrével, körmével és a szarvakkal a tápelemeket juttatjuk vissza.

Az emberek és állatok csontjai abból az apatitból származnak, amely a termékeny talajból sohasem hiányzik. A talajból a csont elemei bekerülnek a takarmányba, szénába és a szalmába. A friss csontok 55 % Ca- és Mg-foszfátot tartalmazznak (Berzelius). A 8 font csontban annyi Ca-foszfát van, mint 1000 font szénában vagy búzaszalmában, ill. 20 fontban annyi, mint 1000 font szemben. Egy hektár földről betakarított három egymás utáni termés (takarmányrépa, búza, rozs) annyi foszforsavat vehet fel a talajból, amennyi 240 font csontban található. A Ca- és Mg-foszfátokon kívül a csontok még 32-33 % enyvképző anyagot is magukban foglalnak, 5 % körüli N-tartalommal. A 100 g csont N-készlete 250 g emberi vizelet N-tartalmának felel meg. A csontok levegőtől elzár-tan évezredekig változatlanul megmaradnak. Így pl. a vályogban vagy gipszben őslény-csontokat találunk mivel a csontok külső része megóvjá a belső anyagot a víz behatásától. Finomra porított és nedves állapotban azonban felmelegszenek, kocsonyás anyaguk elbomlik. N-tartalmuk átalakul szénsavas ammóniává és más ammónium vegyületekké. A csontliszt lassanként vízzoldhatóvá válik és amint Wöhler tapasztalta, a vízben megjelenik a Ca- és Mg-foszfát.

Nem közömbös tehát, hogy a csontok milyen formában kerülnek a talajba. Minél finomabb az eloszlásuk és keveredésük a talajrészecskékkal, annál könnyebben asszimilálhatók. Ásványi savak (kénsav, sósav) a csontlisztet feltárják és az oldható foszfátok ún. szuperfoszfát alakjában hatékonyabbak, jobb az eloszlásuk és felvehetőségük. A finomítókiból származó állati szén trágyahatása is lényegében a Ca-foszfátnak tulajdonítható. Bár az állati szén a foszfátokat igen finom eloszlásban tartalmazza, trágyaként való alkalmazásakor célszerű ásványi savakkal feltárni, ill. oldhatóbbá tenni. Az értéktelen halakból és halhulladékokból "haltrágyát" készítenek, mely a kereskedelembe "halguanó" néven kerül forgalomba. Ez 6-11 % N-t és 16-22 % Ca-foszfátot tartalmaz, míg a kis tengeri rákokból előállított ún. gránátguanóban Wicke 11.2 % N-t és 5.3 % foszforsavas sót talált. A denevérek ürüléke egyes barlangokban jelentős lerakódásokat képez, melyet "denevérguanó" néven alkalmaznak. O. Popp az egyiptomi denevérguanóban 37.2 % N-t és 6.8 % foszforsavat mutatott ki.

Apatitból és foszforitból stb. évente milliónyi centnert (1 centner = 50 kg. Szerk.) használnak fel trágyaként. A foszforsav oldhatóvá tétele ebben az esetben még fontosabb mint a csontliszté, hiszen a csontok kocsonyás része elősegíti a foszfátok feltáródását. Az ásványi foszfátokból ez az anyag hiányzik, elkeveredésük a talajjal elsősorban nedvesség útján megy végbe. De a legfinomabbra őrölt állapotban is csak nehezen oldódnak szénsavas vízben, ezért trágyaként majdnem kizárólag feltárt állapotban, szuperfoszfátként alkalmazzák. A talajba adott K a

stassfurthi sólerakódásokból származik és vegyi gyárakban állították elő. A sók K, Mg és konyhasó mellett gyakran meszet és kénsavat is tartalmaznak. A K-sók fedősók, vastag rétegben fedik a kősólelőhelyet. A kősólerakódás ugyanis nem más, mint a tengervíz beszáradt anyalúgja: átlagosan 7-8 % K-oxidot, 9 % Mg-oxidot, alig 1 % körüli Ca-oxidot, 12 % feletti Na-oxidot, 6 % kénsavat és 28-29 % Cl-t tartalmaz. Ugyanilyen előnyös módon pótolhatjuk a K-ot és a kovasavat K-vízüveg és elmállott földpátok segítségével. A kovaföld vagy amorf kovasav fokozatosan válik felvehetővé. A gipsztrágyázás a talajt mésszel és kénsavval látja el. A márga meszet és minden egyéb ásványi elemet szolgáltat, ugyanis könnyen málló agyagos mész és szilikát tartalmával ugyanolyan gazdag vagy gazdagabb felvehető káliumban és foszforsavban, mint az istállótrágya. Az iszappal történő trágyázás is ide tartozik. Az iszap növényi tápanyagokkal többé-kevésbé telített talaj, melyet természetes komposztnak lehet tekinteni. A márgát, iszapot és gipszet minden gazda trágyaszerként nagyra becsüli.

Mint látható, az ürülékek helyettesíthetők a bennük előforduló hatékony alkatrészekkel. Ezen a felismerésen nyugszik az egész trágyakereskedelem és az újabb racionális trágyázás alapját is képezi. Fontos, hogy az itt tárgyalt anyagok hatékonyságával és annak eredetével a gazda tisztában legyen.

Az orvostudomány évszázadokon át nem ismerte a gyógyszerek hatását. Isis fátyla azonban fellebbent a titokról. Így pl. egy költőietlen elme a Savoyában lévő források golyvát gyógyító csodálatos hatását azzal magyarázta, hogy a víz jódot tartalmaz. Az ugyanilyen célra használt égetett szivacsokban is jódot találtak. A kínafa csodálatos ereje a csekély kristályos anyagának, a kininnek tulajdonítható. Az ópium sokféle hatása a belőle előállítható sokféle vegyülettől származik. Minden hatásnak megvan tehát az oka. Ha megkíséreljük felderíteni az okokat, akkor a hatások felett uralkodni tudunk.

A folyékony és szilárd ürülékben az összes tápelem egyszerre van jelen. A vizelet nagy trágyaereje nemcsak a N-nek köszönhető, hanem a kísérő sóknak is. Az emberi vizeletben az alkalikus foszfátok, a növényevő állatok vizeletében a K-karbonát dominál. A trágyaként használt vizeletben a karbamid szénsavas ammóniává alakul, ezért használják régóta a trágyalevet szalmiák előállítására. Amikor a szalmiák keresett cikk volt, a trágyalevet vasedényekben desztillálták és szalmiákká alakították (Demachy). A vizeletből keletkező ammónium-karbonát többféleképpen megköthető. A talaj az ammóniát abszorbeálja a trágyalével való öntözéskor, így nem illan el és alig lesz oldható a talajnedvességben. Ez a forma felel meg legjobban a növények táplálására. De fordítva is eljárhatunk. A trágyaléhez abszorpcióra képes talajt, felaprított tözeget stb. adagolhatunk, megakadályozva a szénsavas ammónia elillanását a trágyaléből. Amennyiben a lúgos kémhatás megszűnéséig kalcium-kloridot, kénsavat vagy sósavat, savanyú kémhatású foszforsavas meszet (szuperfoszfátot) adunk a vizelethez, akkor az ammónia stabil sók alakjában kötődik meg.

Koncentrált sósavat tartalmazó csészét illemhelyre állítva néhány nap múlva tapasztaljuk, hogy a csésze szalmiák-kristályokkal megtelik. Az ammónia a sósavval összekapcsolódik és elveszti illékonyágát. A csésze fölött állandóan sűrű fehér "ködöt" látunk, mely az újonnan keletkező szalmiák. A lóistállóban ugyanezt lehet tapasztalni. A keletkező ammónia nemcsak veszendőbe megy, hanem a falazatot is lassan, de biztosan elroncsolja. Ha az ammónia a vakolat mésztartalmával érintkezik, akkor salétromsavvá alakul, mely a meszet lassanként feloldja, kivirágzik a salétrom. Az istállókban és illemhelyeken keletkező ammónia kénhidrogénnel vagy szénsavval keveredik. Az NH_4 -karbonát és a Ca-szulfát elbontják egymást, NH_4 -szulfát és Ca-karbonát keletkezik, melyek már nem illékonyak és ezért szagtalanok. Ha időről időre az istállók padozatát hígított kénsavval megnedvesített gipszporral szórjuk fel, akkor az istálló elveszíti jellemző szagát és megakadályozzuk az ammóniavesztiséget (Mohr). Hasonló módon NH_4 -szulfát keletkezik, amikor a latrinákat vas-szulfáttal fetőtlenítjük.

A húgysav a karbamid után a legtöbb N-t tartalmazó szerves vegyület. Vízben oldható és az újabb kísérletek szerint a növény asszimilálni is tudja. Érdekes volna tanulmányozni átalakulását a növényben, a nedv vagy a termés elemzése esetleg kimutatná a változásokat. A tápelemek egyformán fontosak. A N nem értékesebb, mint a vas, vagy a foszforsav és a mész. A növény fejlődéséhez valamennyi elemnek jelen kell lennie a megfelelő arányban. A trágya tehát annál előnyösebb, minél kedvezőbb arányokban tartalmazza a növényi tápanyagokat. A trágya és a növény kapcsolatán túl az atmoszférát és a talajt is tekintetbe kell vennünk, mint tápanyagforrásokat. Sőt a trágya tápanyagai is ezekből a forrásokból származnak. Hosszú időn át a trágya szerves anyagát, majd később a N-tartalmú ammónia ill. salétromsavas vegyületeit tartották a legfontosabbnak. A N-tartalom alapján végeztek olyan számításokat, hogy 1 centner chili-salétrom vagy kénsavas ammónia hány centner istállótrágyával, guanóval vagy csontliszttel egyenértékű. Hibás az a felfogás, hogy minden trágya értékét N-készlete határozza meg és a trágyák igazán hatékony alkotórésze a N. Az atmoszférában mindig van ammónia ill. salétromsav és minden talaj tartalmaz jelentős mennyiségű felvehető N-t. A terméssel felvett N azonnal pótlódik a levegőből, a talaj nem szegényedik el. Boussingault bizonyította, hogy még 16 évet követően is a N-nel trágyázott és a trágyázatlan talajról ugyanannyi felvett N takarítható be. A gyakorlati tapasztalat szerint a trágyázatlan rét vagy hereföld N-hozama másfél-kétszer akkora vagy még több lehet, mint a N-nel alaposan trágyázott búza vagy rozsfieldé. (Liebig itt Boussingault pillangós forgójára utal. A pillangósok szerepe ekkor még nem tisztázott. A Szerk.).

A gazda az istállótrágyát nem frissen teríti a földekre (amikor az a legtöbb N-t tartalmazza), hanem érett állapotban, amikor ásványi elemekben a leggazdagabb. A pudrett gyártásánál kevésbé ügyelnek az ammónia megőrzésére az alapanyagként szolgáló emberi ürülékben. A Párizs lakóházaiban hordókban gyűjtött ürüléket Montfauconban mély gödrökben tárolják. Az anyag akkor értékesíthető, ha levegőn beszáradt és karbamidja NH_4 -karbonáttá alakult a hordókban. Az érett fekáliban a növényi maradványok és a kénsavas sók is

elbomlanak, a kén kén-hidrogénné és ammónium-szulfáttá alakul. A levegőn beszáradó anyag N-készletének nagyobb részét az elpárolgó vízzel elveszti. Visszamarad az NH_4 -, Ca- és Mg-foszfát, valamint a zsírtartalmú szerves anyag. Ez a trágya pudrett néven kerül forgalomba és erős hatása miatt nagyra értékelik. Hatékonysága nem függhet az eredeti ammóniatartalomtól, hiszen annak nagyobb része a száradáskor eltávozott. Jaquemars elemzése szerint a párizsi pudrett nem tartalmaz 1.8 %-nál több ammóniát. Másutt a híg ürüléket fahamuval vagy sok meszet tartalmazó földdel keverik. Így az ammóniát kihajtják és az anyag elveszti szagát. A hatékonyság ebben az esetben sem függhet össze a N-tartalmával.

Amennyiben az állati és emberi ürülékkel teljesen pótolnánk a természelt kivont N-t, úgy a talajok N-készlete folyamatosan nőne, hiszen az atmoszféra is szolgáltat. A N sohasem vész el, még a testünkkel sírba vitt csekély mennyiség is visszakerül ammónia alakjában a földbe és az atmoszférába. Ennek ellenére sok esetben igen előnyös az adagolása. A későbbiekben ezeket az eseteket közelebbről meg fogjuk vizsgálni és az okát is feltárjuk. Általában azonban nem szükséges a gazdának külső forrásból beszereznie. A takarmánynövények a levegőből elegendő mennyiséget kötnek meg és kiválóan fejlődnek N-trágyák nélkül. A növények N-jét pedig visszkapjuk az állatok folyékony és szilárd ürülékében. Lényeges az ürülék gondos összegyűjtése és megfelelő trágyatelepek létesítése, valamint a képződő szén-savas ammónia megkötése. A N-vesztés megelőzhető.

A trágya nemcsak növényi tápszer, hanem talajjavító anyag is. A növények az egyes tápanyagokat eltérő mennyiségben igénylik fejlődésük fázisaiban, gyökérzetük természete szerint különböző mélységben, s végül különböző formában. Mindezen tényezőket később részleteiben tárgyaljuk majd, ezzel azonban elérkeztünk a trágyák másodlagos hatásaihoz. Valamennyi termésmenővelő anyagot trágyának nevezünk akkor is, ha ez a hatás nem tápelemforrás voltának tulajdonítható. Így gyakran alkalmazunk meszet, gipszet, ammónium- és salétrom-savas sókat, konyhasót, szerves N-tartalmú és N-mentes anyagokat, összekeverjük a talajt kvarchomokkal stb. Csak ritkán akarjuk a meszet, a kénsavat, az ammóniát vagy szén-savat pótolni a talajokban. Sokkal inkább az a célunk, hogy a gyökerek fejlődését és a tápanyagok felvételét elősegítsük. Ebben a vonatkozásban a talajjavító anyag az eke és a borona funkciójával vethető össze, amennyiben a tápanyagok feltáródását serkentve a gyomor és a belek szerepét játsszák a növények számára. A trágyaszerek másodlagos hatása miatt bonyolult a tápelemhatás mérése és szükséges a nem-tápanyag összetevők ismerete, mert a kísérőanyagok is hatnak a talajra és az abban lévő tápanyagokra. (Lásd: II. rész: Az egyes trágyaféleségek.) A trágyahatás általánosan a talajtól függ, ugyanaz a trágya eltérő talajokon különböző terméseket eredményez. Ez vonatkozik a termés össz-mennyiségére éppúgy, mint az egyes növényi szervek közötti arányokra. A talaj befolyását könnyen meg lehet magyarázni. A legfontosabb tápelemek, mint pl. a K és a P, a talajrészecskéken abszorbeálódnak és nem vándorol oldat alakjában. A gyökerek azon talajrészecskékből veszik fel elemeiket, melyekkel közvetlenül érintkezésbe kerülnek. A gyökértől messze fekvő talajszemcsék a növény

táplálásához nem, vagy alig járulnak hozzá. Érthető, hogy a talajnak miért kell olyan nagy tápanyag készlettel rendelkeznie már egy közepes terméshez is.

A felvehető tápanyagokból akár ezer fontnyi is szükséges, mivel lehetetlen meghatározni, hogy mely talajrészecskékkal fognak a gyökerek érintkezésbe lépni. Az egész gyökérjárta talajréteg szemcséinek tápanyagokkal ellátottnak kell lenniük. (Lásd: II. rész: Talaj). Valamennyi kultúrtalaj olyan jelentős készlettel rendelkezik, hogy a csekély mennyiségű trágyatápanyag nem lehet a termést meghatározó tényező. A trágyaadagok kiegészítik a talaj készletét és együttes hatásuk eredménye a termés. A növények rendelkeznek azzal a képességgel, hogy a tápanyagokat a megfelelő arányban vegyék fel a talajból, de a tapasztalatok szerint gazdagabb a termés, amennyiben ez az arány kedvező. Ismernünk kell tehát a talajban lévő tápanyagok arányát és azt, hogy ezt az arányt hogyan lehet megváltoztatni. Az említett ismeretekre alapvetően trágyázási kísérletekkel tehetünk szert. Esetenként a talajon fejlődő gyomnövények megfigyelése is támpontot nyújthat. Az arányok trágyázással és váltógazdálkodással módosíthatók. A gyors aránymódosítás egyszeri nagyobb adaggal, vagy többszöri mérsékelt bevittel egyaránt elérhető. A trágyát ill. trágyakeveréket a talaj viszonyaihoz kell alakítani. Az istállótrágya, ill. egyáltalán az állati ürülék e tekintetben veszített jelentőségéből.

A mai gazda tudja, hogy a szerves trágyával egy adott tápanyagarányt biztosíthat. Gyakran jobban eléri célját, ha csak foszforsavat vagy K-ot ad, ill. a tápanyagokat egészen más arányban juttatja ki a földekre, mint ahogy azokat az istállótrágya tartalmazza. A modern gazda talajának tápanyagarányai, valamint a termelt növények igénye alapján trágyáz, és erre a célra a legmegfelelőbb összetételű trágyát használja. Ezzel nem célunk az állati ürülékek, az istállótrágya stb. jelentőségét alábecsülni, de a műtrágyák értékét növeli, hogy azok egy vagy több tápanyagból állnak és megfelelő keveréssel (az istállótrágyához is keverve) könnyen előállítható a tetszés szerint tápanyagarány. A kereskedelmi trágyák és az istállótrágya árát azonban nem szabad összehasonlítani. Ha a műtrágyák árán számolnánk az állati ürülék tápelemértékét, akkor irreálisan magas istállótrágya értéket kapnánk. A műtrágyákkal nem akarunk az istállótrágyához hasonló keveréktrágyát előállítani, hanem a talaj hiányzó egyedi tápelemét pótoljuk és így a szükségletnek megfelelő arányt biztosítjuk. A fokozott termelés fokozott trágyázást kíván. A gabona- és állatkivitel növekedése feltételezi a talaj termékenységének növelését, melyet a trágya hiánya nem akadályozhat. A gazdának minden eszközzel meg kell gátolnia a trágyaveszteségeket. Mi nem vagyunk képesek olyan gondosan gyűjteni a fekált, mint a kínai, ahol a fekál a talaj tápszere. Davis, Fortune, Hedde és mások szerint talajaik termékenységét főként ennek az erős hatóanyagnak köszönheti.

A kínai háza ma is kőből és fából épített sátor, ők nem ismerik a nálunk szokásos latrinát. Lakásának legjelentősebb és legkényelmesebb részében, az illemhelyen agyagedények sorakoznak vagy gondosan kifalazott ciszternák találhatók. A hasznosság fogalma annyira uralja a szaglóérzékét, hogy Fortune

szerint (The Tea districts of China and India, Vol. I., p. 221.): "amit Európa minden civilizált városában elviselhetetlen állapotnak tartanak, ott minden társadalmi osztály, szegény és gazdag egyaránt a legnagyobb megelégedettséggel visel el. Biztos vagyok benne, hogy erősen csodálkoznának a kínaiak, ha valaki a tartályokból áradó bűz miatt panaszkodna." Nem fertőtlenítik ezt a trágyát, mely a levegőn veszít erejéből, ezért a párolgástól igyekeznek megvédeni. Az ételmszer után jelentőségében a trágyakereskedelem következik. Az utcai csatornát is áthidaló hosszú, nehézkes járműveikkel naponta elszállítják a fekvő vidékre és eladják. A kuli reggel áruít vitte a piacra, este a bambuszrúd két végére akasztott edényben trágyával tér haza. A fekvő becsületét jelzi, hogy mindenki nyilvántartja napi, havi, ill. éves mennyiségét. A vendégül látott embernek illik a latrinát is megtisztaltatnia. Öt személy napi ürülékének értéke a "tau", ami évente 2000 "cash"-t tesz ki, azaz kb. 20 hektolitert 7 gulden áron.

A nagyobb városok közelében a száraz fekvőből pudrett téglákat préselnek, mely mint kereskedelmi cikk távoli területekre is eljut. A téglákat vízben áztatják és feloldva használják fel. A rizs kivételével nem a szántóföldet trágyázzák, hanem a növényt. Minden növényi és állati hulladékot összegyűjtenek és komposztálnak. Nagyra értékeli az olajpogácsát, a szarvakat és csontokat éppúgy, mint a kormot és különösen a hamut. A borbélyok pl. a szakáll és copf hulladékát, ami a naponta megborotvált több milliónyi fejnél már jelentős mennyiséget tesz ki, gondosan összegyűjtik és kereskednek vele. Jól ismerik a gipsz és a mész hatását. A konyhák vakolatát gyakran csak azért újítják fel, hogy a régi vakolatot trágyaként felhasználhassák. A gazda nem veti el a gabonaszemet hígított trágyalében való előzetes áztatás és csíráztatás nélkül. Tapasztalata szerint ezáltal nemcsak a növények fejlődése javul, hanem a talajban rejtőző rovarokkal szemben is védett lesz (Davis).

A nyári hónapokban összegyűjtött növényi hulladékot (gyepet, szalmát, fűvet, tözeget, gyomot) talajjal keverik össze, majd halmokba rakják. A száraz halmokat meggyújtják és több nap alatt lassan elégetik. Így az egész massa fekete földé alakul át, mellyel a vetést trágyázzák. Vetéskor egyik lyukat készít, másik behelyezi a magvakat, harmadik pedig a fekete földet teszi rá. Az ily módon ültetett fiatal vetés olyan erővel fejlődik, hogy képes lesz a tömör talajon keresztül is gyökeret növesztetni és a talaj tápelemeit felvenni (Fortune)."A kínai gazda a búzát trágyalében történt áztatás után általában sűrű ágyásokba veti, majd palántázza. Néha a beáztatott vetőmagot közvetlenül az előkészített szántó-földbe vetik úgy, hogy a magvak 4 colnyira kerüljenek egymástól. A palántázási idő december táján van. Márciusban a vetés 7-9 kalászos szárat hajt, de a szalma rövidebb, mint nálunk. Azt mondták nekem, hogy a búza 120-nál is több szemet terem, ami bőségesen meghalálja a ráfordított fáradságot és munkát." (Eckeberg: Bericht an die Akademie der Wissenschaften in Stockholm, 1765).

A Dresdner Journal 1856. szept. 16-i számában az alábbi közlemény található: "Amint azt Eibenstockból jelentették, az ottani erdészeti felügyelő Thiersch már több év óta eredményesen kísérletezik azzal, hogy az őszi vetőmagból kikelt

növénykéket még ősszel, október közepén kihalántázza. Egy véka palánta 100 négyzettrut területre volt elég és szokatlanul bőséges eredményt hozott. Olyan tövek nőttek, amelyeken akár 51 kalászos szár is termett és a kalászokban 100 szem is előfordult." F.J. Thiersch úrtól bővebb felvilágosítást kértem. A közölt költségek és terméshozamok alapján úgy tűnik, hogy gazdag földeken és elegendő munkáskéz esetén a kínai módszer nálunk is ígér előnyöket. Egyik barátom látta ezt a táblát és elmondta, hogy egy véletlenszerűen kitépett növényen 21 teltkalá-szú szarát számolt meg. Sovány földeken ez a művelési mód nem alkalmazható.

Csuszanban, valamint a csekiangi és a kiangszui rizstermő vidékeken két zöldtrágya növényt természetnek, egy Coronilla fajtát és a herét. Széles, a zellernél szokásos barázdákat húznak, melyek felső részébe vetik a magot kis foltokban, 5 colnyira egymástól. Néhány napon belül megindul a csírázás és még jóval a tél vége előtt az egész földet buja növényzet takarja. Áprilisban talajba dolgozzák a zöld növényeket, melyek gyors bomlását kellemetlen szag kíséri. Ezt a módszert mindenütt használják, ahol rizst termelnek (Fortune, Vol. I. p. 238.).

Összegzés

A levegő tápanyagainak mennyisége az atmoszféra tömegéhez képest csekély. A nyomokban jelen lévő szén-sav és ammónia a Föld felszínén az alábbi réteget képezné: szén-sav kb. 8 láb, ammónia pedig alig 2 vonal. Ha a Föld felszíne egy 100 cnt/ha szénát adó összefüggő rét lenne, akkor 21-22 év alatt kimerülne az atmoszféra szén-sav és ammónia készlete és az élet megszűnne. A levegő nem volna többé a növények számára "termékeny". A szerves élet örök fennmaradása azonban biztosított, az ember és az állatok a növényt fogyasztják, ill. valamennyi élőlény léte múló és viszonylag rövid. Az állatok lebontják a táplálékot azzá ami eredetileg volt és hasonló változást szenved minden élő szervezet halála után. Az éghető alkotórészeik visszaalakulnak szén-savvá és ammóniává.

A Teremtő egy nagy körfolyamatot alkotott, melyben az ember is részt vehet, bár az közreműködése nélkül is fenntartja önmagát. Ahol a táplálék növényi alakban felhalmozódik, ott a közelben emberek és állatok vannak. A fogyasztók ezt a táplálékot mindig visszaalakítják kiindulási elemeire. A levegő sohasem nyugszik, szélmentes időben is végez fel- és leszálló mozgást. Amit a légkör az egyik helyen tápelemekben elveszít, azt egy másik helyről visszakapja. Az erdők és a rétek tanúsítják, hogy a légkör szén-savforrásként kimeríthetetlen. Legalább annyi szén-takarítunk be egységnyi területről fa és szénalakjában mindenféle trágyázás nélkül, mint a szántóföldről. A széntartalmú trágyaszer nem növeli a rét szén-atermését, de javítja termékenységét az égetett més, hamu vagy a márga. A felvett szén-sav mennyisége egyenes arányban áll a felvevő levél-felülettel és a levegőben jelen lévő szén-sav mennyiségével. Kétszer dúsabb levegőből a növény kétszer annyi szén-t vesz fel. Boussingault tapasztalta, hogy a ballonba zárt szőlőlevelek az átáramló levegőből az összes szén-savat felvették, bármilyen gyors volt az áramlás (Dumas, Lecon, p. 23.). Hasonló viszonyok állnak fenn a

levélfelület és a N-asszimiláció között. Ebből adódik a humusz és valamennyi bomló szerves anyag előnyös hatása. Amennyiben a humusz pl. megháromszorozza a levegő szénvastartalmát, a növényi szervek növekedése is megtöbbszöröződhet és a folyamat önmagát gerjeszti.

Az évelő és az egyévi növények táplálkozása eltér, a rövid tenészeitük gyorsabb asszimilációra kényszerülnek. A véletlen és múló időjárási tényezők hatása is másként jelentkezik. Kedvezőtlen időszakokban az évelők növekedése visszamarad, de a visszatérő kedvező körülményeket később kihasználhatják, míg az egyéves növény elpusztulhat. Az a környezet, amiből az évelő növény táplálkozik, évről évre tágu. Ha gyökerei az egyik helyen kevés tápanyagot találnak, akkor továbbnőhet gazdagabb rétegek felé. Míg az egyéves minden évben elveszti gyökereit, számos évelő a szárát vagy törzsét is megőrzi, melyek elraktározott tápanyagaival a levelek és bimbók igényét a jövőben fedezni tudja. Az évelők így olyan szegény talajon is nőhetnek, ahol az egyévesek trágyázásra szorulnak.

Az egyéves növény annál függetlenebb az atmoszférikus tápanyagoktól, minél hasonlóbb az évelőkhöz. Míg képes állandóan új leveleket hajtani és a levegőből szénstavat felvenni, addig nincs rászorulva a talajon keresztül történő szénstaveállításra. A borsó érésakor is új leveleket és virágokat hajt, így több éghető elemet vesz fel az atmoszférából mint a búza, melynek levelei és zöld szárai a virágzás után elhervadnak. A szerves trágyák szénstav és N tartalmát ezért hasznosítja kiválóan az egyik növényfaj, míg más növény hozama trágyázással is alig fokozható. A humusz mint szénstavforrás növeli a levelek és a gyökerek mennyiségét és ezzel a talajból történő tápanyagfelvétel is javulni fog. Utóbbihoz a párolgás is közrejátszik, mely egyenes arányban áll a hőmérséklettel és a párolgató felülettel. Forró nyáron, amikor vízhiány miatt a tápelemfelvétel leáll, a növény magassága és fejlettsége, valamint magjainak fejlődése a korábban felvett tápelemekszlettel lesz összefüggésben.

A szem és szalma aránya évente változó. Egységnyi szalmatermésre vetítve az egyik évben kétszer annyi szemet lehet betakarítani, mint a másikban. A levélfelület eltérő, a kétszer annyi szalmában kétszeres mennyiségű az elemkészlet is. Az egyik évben a búza 3 lábnyira nő és holdanként 1200 fontot terem, a másikban a 4 lábnyira nőtt búza csak 800 font szemet hoz. Az egyenlőtlen termés az egyenlőtlen táplálás következménye, mely a szemek és a szalma képzéséhez felvett elemek között fennáll. A csökkent foszfor ill. megnövelt kavasav és alkáli-elem felvétel sok szalmát és kevés szemet eredményez. A foszforosók egyrésze (mely különben a szemekbe épülne) a levelek és szárok képződésére fordítódik. A foszforosók feleslege nélkül a magvak nem fejlődnek ki. Sőt, e sók kizárásával mesterségesen is előállíthatjuk azt az állapotot, amikor a növények 3 láb magasra nőnek, virágoznak, de magot nem termelnek.

A humusz hatását a növény gyorsabb fejlődésén mérhetjük le, azaz időt nyerünk. Az időtényező és a humusz különösen fontos a zöldségkertészet számára. A szántóföldi növények tavaszi gyors fejlődéséhez általában elegendő szénstav áll rendelkezésre. Nélkülözhetetlen még az ammónia és a víz. Víz hiányakor az asszi-

miláció leáll. Bár a meleg levegő vízben dúsabb, a növény nem hasznosíthatja. A napfényes forró napok ilyenkor veszélyesebbekké válnak. Különösen áll ez az egynyári növényekre, melyek gyökerei nem képesek a nedvesebb alsó talajrétegekbe jutni. Az árpa aszály idején egy arasznyi magasan kalászbá fordul, a burgonyánál nem képződnek gumók. Egyetlen kiadás jókor jött eső varázsütésre mindent megváltoztat. Ha a gazda úgy tudná öntözni földjeit, mint a virágkertész a cserepeit, akkor valamennyi növény maximális termést adna. Természetesen csak akkor, ha a felvehető tápanyagban nincs hiány. A víz növeli az ásványi elemek felvehetőségét és így a növény több szén- és N-t vesz fel, fejlődése felgyorsul, az aratáskori súlya megnő.

Az ammóniával hasonló a helyzet. A talaj NH_4 -tartalmát gyarapítva más elemek felvétele is javul. A szén- és ammónia (salétromsav) asszimilációja a levegő és a talaj készletéhez, ill. kínálatához igazodik. A felvétel kedvező napokon többszörös lehet, a luxus mértékű felesleg átmenetileg elraktározódik. Az elemek együtt válhatnak növényi alkotórészzé. Egyik sem képes hatni, amíg a többi nincs jelen. Mivel szén- és ammóniában ritkán van hiány, az ammónia kerül minimumba a fiatal növényben. Mindez azért lehetséges, mert az ásványi elemek ekkor már jelen vannak. Jól ismert, hogy a csírázó mag gyökérnyúlványa azonnal képes ásványi elemek felvételére a talajból, a növény döntően hamualkotóelemeket asszimilál a fejlődése kezdetén. A Münchener Kísérletekben a homokból kikelt bab csíranövények szárazanyagtartalmuk majdnem felét elvesztették, míg a hamualkotórészek mennyiségét megduplázták. A 100 mag 65.5 g szárazanyagából 2.3 g hamut, a 100 csíranövény 36.4 g szárazanyagából pedig 4.2 g hamut nyertek. Virágzásig a 100 növény szárazanyaga 265, hamutartalmuk 24 g-ra nőtt. Aratásig a hamu már csak további 5 g-mal emelkedett annak ellenére, hogy 100 növény szárazsúlya 333 g lett (Zöller).

Minél gazdagabb egy talaj, annál nagyobb a növény elemakkumulációja. A túl gazdag talaj kínálata már káros a fiatal növényre, de idővel ez a negatív hatás elmúlik és az állomány viszonylag gyorsan eléri, majd túlhaladja a kevésbé gazdag talajon fejlődöttet. A zöld növényi részek (hajtás, levél) növekedésére az ammónia hatása kifejezett. A Münchener Vegetációs Kísérletekben pl. a bab hajtása rendkívüli módon fejlődött ammónia-trágyázáskor. Nőtt a levelek száma és átlagosan 50 %-kal nagyobb levelek képződtek, mint a kontroll növényeken. A szemhozam 60 %-kal emelkedett. Ugyanitt a foszforsavval és ammóniával trágyázott burgonya 2240 g zöld tömeggel termett többet, melyből 1700 g volt a lomb és csak 540 g a gumó. Az együttes PK trágyázás termésmennyisége ennek 2.5-szerese volt és 5614 g friss növényi tömeget tett ki. Ebből 913 g volt a lomb és 4701 g a gumó. Az ammónia tehát főként a fiatal zöld növény fejlődésének kedvez. A hatás fokozódik, ha a talaj egyéb hamualkotókban gazdag. A gazdának az elérendő céllal tisztában kell lennie. Az adag más lesz a gumós és gyökérnövényeknél, ill. ha a hajtást akarjuk növelni. Eltérő lesz aszerint, hogy levelekben gazdag, ill. rövid vagy hosszú tenyészidejű növényekről van-e szó. A N túlsúlya a levéldús fejeképzésre előnyös, a gyökerek fejlődésére hátrányos. Ezért hoz a trágyarakások helyén a répa főleg szárat és levelet.

A N fehérjeképző, vér- és húsalkotó elem. A rozs termését 100-nak véve (szem + szalma) néhány más növény N hozama az alábbi egységnyi területen: zab 114, búza 118, borsó 270, here 390, répa 470. A borsó, bab és a takarmány-növények tehát 3-4-szer annyi N-t szolgáltatnak, mint a gabonafélék. A here és a répa gyakran trágyázás nélkül adja ezt a magasabb hozamot. A here termését hamu, a répáét kénsavas csontliszt adagolásával még fokozni lehet. A N-trágya különösen a gabonafélékre előnyös, bár gyakran a takarmánynövények is meghálálják. Utóbbiak azonban buján fejlődhetnek N nélkül is. A gabonaféléknél sem az a helyzet, hogy a természetes források hiányoznak. A búzaföld feletti levegőoszlop ugyanannyi szén-savat és ammóniát nyújt a búzának, mint a herének, tehát a búza sem szenvedhetett hiányt. A csekély búzatermést adó talaj nem tehető termékenyebbé még nagy adagú ammóniatrágyával sem.

A búza rossz termésének az oka eszerint más körülményekben keresendő, feltehetően a kedvezőtlen talajadottságokban. Másrészt viszont nem lehet kétségbe vonni, hogy a C-ben és N-ben gazdagabb, ill. szerves-trágyázott talaj több búzát terem. Az egyéves növények gyökér- és levélfejlődése gyenge, ezért jelentkezik a szerves és N-ben gazdag anyagok haszna. A N-hatás fordított arányban áll a növény levél- és gyökérfelületével, valamint tenyészidejének hosszával. A nagy levélfelülettel (borsó, répa), ill. a hosszabb tenyészidővel (réti növények, here) rendelkező növényeknél kisebb, mint a kalászosoknál.

A tapasztalat arra tanította a gazdát, hogy különbséget tegyen. Nem trágyáz hereföldet N-nel, hanem eszközül használja a gabonaföldek javítására. A takarmánynövényekkel, hereszénával, répával stb. táplálja állatait, melyek ürülékében a takarmány N-jét visszakapja és a gabonaföldjein felhasználhatja. A N a levegőből ered. Az eladott termények N-je pótolható, sőt a takarmányfélék termesztésével még fokozható is. A mérsékelt zónában általában az egyéves növények biztosítják az ember táplálékát. A gazda feladata, hogy ezeket a növényeket megtermelje. Az állat nem tud magáról gondoskodni, róla gondoskodik a természet. Az ember viszont azzal a képességgel bír, hogy a természet törvényeit saját szükségletei kielégítésére használja fel.

A legjobban trágyázott gabonaföld sem ad több fehérjét, mint egy jó minőségű trágyázatlan rét. Amit a kislevelű gabonák N-ből nem képesek felvenni rövid élettartamuk folyamán a levegőből, azt a talajon át biztosítja a gazda trágyázással. A réti növények 8 hónap, a kultúrnövények 4-6 hónap tenyészidővel rendelkeznek, ezért a szükséges többlet-N a réti növényeknek természetes forrásokból rendelkezésükre áll. A N-ben gazdag trágyaszerek közé tartozik a szaruforgács, szárított vér, friss csont, repcepogácsa lisztje stb. Ezek az anyagok a talajban elbomlanak és N-jük ammóniává/salétromsavvá alakul. A szárított vér és hús, valamint a repceliszt gyorsabb hatású, mint a csontokban lévő enyv. A szarvak és a szarvforgácsok még lassabban adják le tápanyagaikat a talajban.

Nem alaptalan állítás, hogy a guanó, a pudrett és az istállótrágya értéke N-tartalmukkal is arányos. De az helytelen következtetés, hogy egész értékük, a talajra gyakorolt teljes hatásuk csupán a N-készletükön alapulna, mely helyettesíthető ammóniával és annak sóival. A guanó, a csontliszt és a csili-salétrom összehasonlításakor nem lehet az aratáskori termés alapján eldönteni, hogy melyik a jobb. A trágyák értékét aszerint kell megítélni, hogy alkalmazásuk után a szántóföld milyen állapotban marad vissza. Létezik racionális és irracionális gazdálkodás. A racionális üzemmód az értelemre és a tapasztalatra támaszkodva gondoskodik a termékenység állandóságáról. Az irracionális gazdálkodásban a termések csökkennek és a talaj értékét veszíti egy idő után.

Az európai művelt talajok többségének termékenységét (talajvizsgálatok szerint) ásványi tápelemkészletük korlátozza. A gazdálkodás racionalitását ez a szempont határozza meg. Lássunk példákat. Képzeljünk el egy kis gazdaságot, amelyben annyi gabonát, húst, tejet stb. termelnek, ami az 5 főből álló család táplálására éppen elegendő. A termés elemei a gazdaságban maradnak, hiszen önellátók, piacra nem termelnek. Az emberi és állati ürülékek, valamint az almozásra használt szalma és a konyhai hulladékok a talajba jutnak, a tápelemforgalom zárt, veszteségek nincsenek. Ez a racionális istállótrágya-gazdálkodás, melynél a földek mindig termékenyek maradnak és képesek lesznek egy öttagú családot eltartani. Ha az istállótrágyát nem gyűjtik, nem kezelik vagy eladják, esetleg a trágyalé az útmenti csatornába folyik, az üzemmód nem gazdaságos.

A közgazdászok kimutatták, hogy az ilyen birtok műveléséhez az öttagú család munkaerejének kevesebb mint fele szükséges. A példa egyszerűsítése érdekében maradjunk a felénél. Amennyiben a másik felét bér munkában értékesíti, fedezheti más irányú szükségleteit mint a ruházzkodás, lakás, fűtés, szerszámok és gyógyszerek. A racionális gazdálkodás nélkül azonban lassanként veszteséggé kell válnia a családi birtoknak. Más arányok forognak fenn, ha ez a család kétszer akkora földterületet művel. Terményeinek fele elegendő az önellátásra, viszont a termeléshez teljes munkaerejét elhasználja. Egyéb szükségleteinek fedezésére tehát terményeinek másik felét el kell adnia. Az eladott termékekben a talaj tápelemtökéjének egy része is benne van, mely az istállótrágyával nem gyűjthető össze, ezért rablógazdálkodásnak nevezzük. Nem racionális üzemmód, hiszen a földek elértéktelenedéséhez vezet. A rablógazdálkodás természetesen azonnal átalakul racionális gazdálkodássá, ha a gazda a városokból vagy egyéb forrásból pótolja veszteségeit.

A kedvezőtlen talajadottság kiküszöbölésével, drénezéssel, talajhoz idomuló növényfajok és a helyes növényi sorrend megválasztásával a föld hozamát fokozni lehet. Ezek az eszközök azonban, bár a földművelést végző ember ügyességének és művészetének jelei, nem tanúsítják önmagukban a racionális gazdálkodást. Nem gyarapszik ugyanis potenciálisan a talaj termékenysége, a tápanyagtöke inkább gyorsuló ütemben csökken. Ily módon pedig lehetetlen tartósan a nagy terméseket megőrizni. A termések csökkenése lassan válik nyilvánvalóvá, mert nagy az évenkénti ingadozás. A kezdeti nagy termések még nem bizonyítékai a racionális

gazdálkodásnak, csak azok állandósága. Hasonlóképpen a kis termésből sem következik automatikusan a helytelen gazdálkodás. A sovány föld sohasem hozhat jó terméseket.

A sovány földet művelő is lehet racionálisan gazdálkodó. A gabonáját és állatait városban eladó gazda nem biztos, hogy jómódú vagy földjei termékenyek. Csak annyi bizonyos, hogy nem napszámos és birtokán igényein felül termel, ill. vannak egyéb szükségletei, melyeket csak a városokban tud beszerezni. Ugyanez érvényes egy országra is, mely gabonát és állatokat exportál. Az export nem bizonyítja az ország termékenységet vagy gazdagságát. Inkább arra utal, hogy a mezőgazdasági termékek mennyiségéhez képest a népesség száma csekély és olyan szükségletei vannak, melyeket az éghajlat, a gyengén fejlett ipar, vagy más ok miatt belföldön nem tud kielégíteni. Ha nem exportálna, le kellene mondania a cukorról, kávéról, vasról és még ezernyi más árucikkről, melyek belföldön elérhetetlenek. Az import visszaszorulhat, amennyiben nő a lakosság, vagy az árucikk eladhatatlan.

Vajon a gazdák többsége ismeri-e a tápanyagforgalom természeti törvényét és eszerint cselekszik-e? Tudja-e mely növény mennyi elemet von ki a talajból? Milyen és mennyi trágyát kell alkalmaznia? Természetesen a minimumban lévő, ill. maximális mennyiségben távozó elem a legfontosabb. A Ca pl. mint tápanyag a trágyák közé tartozik, de a meszes talajban oly nagy a készlete, hogy pótlása értelmetlen lenne. Ugyanez érvényes a K-ra az agyagtalajokban. A homokos és a meszes talajokban kevés a K, viszont a burgonyával, dohánnyal, répával nagy mennyiségek távoznak, ezért pótlásáról gondoskodni kell. A P általában mindennütt minimumtényezőzt jelent a talajokban, ugyanakkor valamennyi növényi szerv fejlődéséhez elengedhetetlen. A gabona és hüvelyesek magvában, az állati csontokban erőteljesen akkumulálódik. Ha a gazda minden erejével törekszik teljes pótlására, akkor megőrizheti terméseit és állatai teljesítményét. Ellenkező esetben nem.

A FÖLDMŰVELÉS TERMÉSZETI TÖRVÉNYEI

A növény

A növények égethető és nem égethető hamualkotókat tartalmaznak. Legfontosabb hamualkotók a P, S, Si, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cl. A növények éghető alkotórészei a C, N, S, H, O. Az említett elemek képezik a növény testét, így tápanyagoknak minősülnek. Az éghető alkotók főleg levélen át, míg a hamuanyagok a talajból gyökéren keresztüli felvétellel jutnak a növénybe. A növényi élet kozmikus feltételei a hő és a napfény, a kozmikus és a kémiai feltételek együttes hatására fejlődik ki a csírából a teljes növény. A mag tartalmazza azokat az

elemeket, melyek a növényi szervek képződéséhez hozzájárulnak. Ezek N-tartalmú, összetételüket tekintve a tejhez, túróhoz vagy a vérfehérjéhez hasonló anyagok; továbbá a keményítő, a zsírok, a gumi vagy cukor és a foszforsavas ill. alkálifémes sók.

A gabonaszem lisztes anyagai, a pillangós sziklevelének alkotórészei az új növény gyökerévé és levelévé alakulnak. Gabonaszemből kicsírázva a növényke vízben több héten át tovább fejlődik anélkül, hogy bármilyen tápelemet kapna a talajból és csak 3-4 hét múlva vehető észre az első levélcúcs sárgulása. A gabonaszem helyén üres tömlőt találunk, a keményítő a cellulózzal eltűnt (Mitscherlich). A növény azonban nem hal el, hanem új leveleket vagy gyakran gyenge szárát is képez, miközben a legelőször megjelent és utóbb hervadó levelek anyagainak használja fel a friss hajtások kialakítására. A tápanyagokban gazdag sziklevelű növényeket (pl. babot) vízben tartva akár virágzásig vagy a kis magvak képződéséig is fel lehet nevelni. A fejlődést azonban nem kíséri a szerves anyag jelentős gyarapodása, csupán vándorlása és átalakulása a csírázásakor lebomlott mennyiségnek megfelelően.

A burgonyagumó csírázásakor hasonlóképpen átalakulnak a gumó anyagai (keményítő, fehérje, ásványi sók) és a fejlődő szárak, levelek képződésére fordítódnak. Vastag papírba burkolva egy dobozban tartottak burgonyát a giesseni kémiai laboratóriumban. A sötét, száraz és meleg helyen, ahol a levegő alig cserélődött, minden egyes csírából hosszú, fehér, több lábnyi hajtás fejlődött. A hajtásokon leveleknek nyoma sem volt, de kis gumók százával fejlődtek rajta. A gumók összetétele a szokásos volt, a sejtek keményítőszemcsékkel voltak megtöltve. Biztos, hogy az anyaburgonya keményítője oldható állapotban vándorolt át, melyet a hajtás (a növekedést meghatározó külső hatótényezők kizárásával) ismét vissza tudott alakítani cellulózzá és keményítőszemcsékké.

A csíra fejlődésének feltétele a nedvesség, a meleg és a levegő jelenléte. Ha e feltételek közül egyik is hiányzik, nem csírázik a mag. Nedvesség hatására a mag megduzzad és a kémiai átalakulás megindul. A sikerből növényi fehérje, a keményítőtől és az olajból cukor képződik. Oxigén nélkül nem következnek be a fenti átalakulások, vagy más módon játszódhatnak le. A mélyre került magvak a talajban vagy a mocsarak iszapjában sok éven keresztül megmaradhatnak anélkül, hogy kicsíráznának, bár a nedvesség és a hőmérséklet kedvező számukra. Az iszap, vagy mélyszántással az altalaj felszínre kerülhet és az eltemetett magvakból új típusú növényzet fejlődhet.

A csírázás hőigénye fajoként eltérő, ezért a növények más és más időszakban hajtanak ki. Egyetlen mag sem csírázik 0 °C alatt, a túl magas hőmérséklet viszont elpusztíthatja a csírákat. A *Vicia faba*, *Phaseolus vulgaris* és a mák magvai 35 °C-on szárítva elvesztik csírázókéességüket, míg az árpa, kukorica, lencse, kender és saláta magvai csírázóképesek maradnak. A búza, rozs, búkköny és káposzta magvak még 70 °C-ot is elviselnek. A csírázó mag oxigént fogyaszt és azzal szabad sav is képződik, a lakmuspapír a kipárolgó ecetsavtól megpirosodik. A szabad

sav fejlődése a keresztesvirágúak, káposzta és a répa magvak csírázásánál a legerőteljesebb (Becquerel, Edwards). Annyi bizonyos, hogy a gyökerek és általában a legtöbb növény nedve savanyú kémhatású, mégpedig nem illékony sav jelenléte miatt. A szőlőtőke tavaszi hajtásának nedve bepárláskor savanyú borkősavas K-ból álló kristályos anyagot ad.

Decandolle és Macaire a *Chondrilla muralis*, valamint a *Phaseolus vulgaris* jól fejlett növényeit gyökereikkel együtt kivették a talajból és vízben nevelték tovább. A víz 8 nap elteltével megsárgult, ópium szagú és fanyar ízű lett. Amikor a hajtásról a gyökeret levágták és mindkettőt vízbe helyezték, a fenti jelenség nem következett be. Knop szerint a sértetlen gyökerekkel desztillált vízbe helyezett növények csak nyomokban adnak le Ca-ot, Mg-ot és N-tartalmú anyagokat. A saláta és más növény a talajból kék lakmusz-tinktúrába áttűtetve tovább nő, feltehetően alsó leveleik anyagának felhasználásával, amelyek elhervadnak. A lakmusz oldat 3-4 nap múlva vörösre színeződik és forraláskor ez a vörös szín eltűnik. A gyökerek szénsavat adnak le. Később az oldat elbomlik és színtelenné válik, miközben a színezőanyag pelyhekben kiválva a gyökérszőrőkre telepszik.

A növény növekedése a gyökerek kezdeti fejlődésétől függ, ezért fontos a megfelelő magvak kiválasztása. Ugyanazon a talajon és évben termett azonos búzafajta magvai között találunk nagy és kis szemeket, ill. a mérettől függetlenül lisztes és üveges belsejűeket. Nem mindegyik búzanövény kalászol ill. virágzik ugyanabban az időpontban s így a szemek érettségi foka is eltérő. A heterogén vetőmagkeverék magvai nem azonos mennyiségű keményítőt, sikkert és szerves anyagot tartalmaznak. Ebből adódóan a vetés ugyanolyan egyenlőtlen lesz, mint a vetőmag. A csírázáskor képződő gyökerek és levelek száma ill. azok fejlettsége a mag keményítőtartalmával áll arányban. A keményítőben gazdag szemből képződött növény fejlődése minden körülmények között gyorsabb. A tápanyagot felvevő felülete már kezdettől fogva nagyobb és növekedése is ezzel áll arányban. Elkorcsosodott vagy satnya magvakból csenevész növények fejlődnek és nagyrészt hasonlóan satnya magvakat teremnek.

A kertész és a virágtermesztő éppúgy ismeri a mag jelentőségét, mint az állattenyésztő, aki a tenyésztési célokra legjobban megfelelő állatokat választja ki. A kertész tudja, hogy a kerti viola toktermésébe zárt lapos és fényes magvakból magas szárú, míg a ráncos és elkorcsosodott magvakból alacsony szárú tömött növények alakulnak ki. A termőhely különböző változatokat alakít ki, melyek a magvakon keresztül továbböröklődnek. Más talajban vagy más klimatikus körülmények között a változat egyik vagy másik sajátosságát ismét elveszti. A talajadottságok befolyása a változatokra gyakrabban olyan magvaknál mutatkozik meg, melyek az elfogyasztó állat bélcsatornáján emésztetlenül haladnak át. Így különböző trágyázást kapnak aszerint, hogy mely állatok milyen összetételű ürülékével kerülnek vissza a talajba, mint pl. a *Byrrsonima verbascifolia* (v. Martius).

A vetőmagvak kiválasztásánál a termőhely fontos szempont. Angliában azt tartják, hogy a tápanyaggazdag talajba olyan búzát kell vetni, mely szegény

talajon termett. A hűvösebb tájakon gyűjtött répamagvak melegebb tájakon adnak biztos és jó termést. A hegyvidékekről származó here- és zabmagvakat a síkságon termettekkel szemben előnyben részesítik. Az Odesszából vagy a Bánáthól (Magyarország) származó búzát hűvösebb tájakon is értékelik. A Rajna felső folyásánál a gazdák Bolognából vagy Ferrarából szerzik be a zab vetőmagot. Sok német gazda a kurlandi és a livlandi lenvetőmagot igényli, hogy egyenletes növényállományra tegyen szert. Ugyanis e vidékek rövid meleg nyarúak, így a virágzás és az érés időszaka összetolódik. A virágok egyidejűleg és egyenletesen termékenyülnek, egyszerre érnek és teljes értékű magvakat képeznek.

A virágzáskori időjárás befolyása a szemek képződésére mindenki előtt ismert. A hideg esős napokon a virágok kifejlődése elhúzódik. A későn megtermékenyített virágokból nem képződnek ép magvak, mert a tápanyagot a korábban képződött szemek használják fel. Bizonyos növények természetesen így egyáltalán nem fizetődik ki. Meleg, nedves időben a zabnál is megfigyelhetők hónaljhajítások, miközben a főhajtáson már kalászkok képződnek. Ennek az az eredménye, hogy aratáskor érett és éretlen szemek egyaránt találhatók. A talaj szerkezete, fajsúlya és tápanyagtartalma befolyást gyakorol a gyökerek fejlődésére. A finom, vékony, elparásodott gyökérszálak meghosszabbodnak és a gyökerek csúcsán új sejtek fejlődnek.

A here és a fűvek magvai, ill. általánosságban apró magvak kezdetben gyenge, kevésbé terjedelmes gyökérzetet fejlesztenek, ezért a talajt gondosan elő kell készíteni. A 0,5 - 1 col vastag talajréteg nyomása már a kelést megakadályozhatja. A talajtakarás feladata, hogy a csírázás nedvességigényét biztosítsa. Előnyös ezért a herét gabonafélével együtt vetni, mert a gabona gyorsabban fejlődik és levelei a fiatal herenövényt beárnyékolják, megvédik a túl erős nap-fénnyel szemben. A burgonya gumói a szántott rétegben fejlődnek, a répafélék gyökerei pedig mélyen behatolnak az altalajba, s ott ágaznak el. Mindkét növény a laza, mélyrétegű talajokat kedveli, bár megfelelő talajelőkészítéssel a tömörebb talajokban is kielégítően teremnek. A tarlórépák közül a svéd változat gyökér-törzse több gyökérszort fejleszt. A mangoldot erős, fásabb gyökérzete alkalmassá teszi a kötöttebb agyagtalajokon való termesztésre is.

A gyökerek hosszával kapcsolatban kevés adattal rendelkezünk. Egyes esetekben tapasztalták, hogy a lucerna gyökere a 30 lábnyi, a repcéé az 5 lábnyi hosszúságot is meghaladhatja. A földművelésben alapvető a gyökérzet ismerete, hiszen a talajművelésnek összhangban kell lennie a természetendő növény igényeivel és segítenie kell a gyökerek fejlődését. A gyökér nemcsak a tápelem-felvétel szerve, hanem a lendkerékhez hasonlóan kiegyenlíti a növény működését, elraktározza és újra mobilizálja a képződő asszimilátákat. A geológiai-talajtani viszonyokhoz alkalmazkodó gyökerek fejlődnek az egyes tájakon, termőhelyeken, a természetes növényzet egyaránt megtelepszik a síkságon és a hegyvidéken. Az egyéves növények magvakkal szaporodnak és mindig valódi gyökérük van, melyeket egyszerűségükről, a rügyek hiányáról és viszonylag rövid gyökér-szöveikről lehet felismerni. Az évelő gyepek és rétek növényei gyökérsarjakkal szaporodnak és

terjednek, függetlenül a magképződéstől. A földieper indákat fejleszt a gyökércsomó felett és gyorsan nagy felületeket képes befedni. A tovakúszó indákból rügyek és gyökerek indulnak, így mag nélkül is önálló növények fejlődnek. Hasonlóképpen terjednek az évelő gyomnövények és réti füvek föld alatti szerveik segítségével. A *Triticum repens*, *Elymus arenarius*, *Trifolium pratense* és a *Linaria vulgaris* kúszó gyökerei gyökérsarjakkal szapo-rodnak. Vegetatív uton szaporodik a réti perje, angol perje, mezei komócsin stb.

Az egyéves, kétéves és az évelő (többéves) növények összehasonlítása azt mutatja, hogy az évelők szervesanyag-szintézise főként a gyökérképzésre irányul. Az őszi vetésű spárga kb. egy láb magasra nő július végéig. Szárai, ágai és levelei ettől kezdve további növekedést nem mutatnak. Az egyéves dohány augusztusig több láb magas, számos széles levéllel rendelkező szárát, míg a répa széles levélkoronát fejleszt. A spárga növekedésének leállása azonban csak látszólagos. Gyökérének átmérője és tömege a föld feletti hajtáshoz viszonyítva erősebb, mint a dohányé. A képződő szerves anyag a gyökerekbe vándorol, ott felhalmozódik és a következő évben a gyökér új növényt hoz létre tartalékaiból, mely nagyobb, elágazóbb és levelesebb lesz, mint az első évben. A második évben ez a folyamat folytatódik, még több anyag halmozódik fel. Az ötödik vagy hatodik évre a gyökerek tápanyagkészlete már elegendő arra, hogy tavasszal három, négy vagy még több ujjnyi vastagságú szárát hajtson.

Ha a zöld spárgát és az ősszel elhalt szárait megvizsgáljuk, akkor még talá-lunk a föld feletti szervekben oldható vagy legalábbis oldhatóvá válni képes anyagokat, melyek alkalmasak újbóli felhasználásra. A zöld részek viszonylag gazdagok N-ben, alkáliákban és foszforsavas sókban, az elhalt szárakban kis mennyiségben szintén kimutathatók. A magvakban akkumulálódott nagy mennyiségű foszforsavas só és alkálifém nyilvánvalóan az a fölösleg, amit a gyökerek a következő évre nem igényelnek. Az évelők lehetőség szerint mindig többet vesznek fel, mint amit leadnak és sohasem adnak le mindent, amit felvettek. A virág- és magképződés akkor következik be, ha a gyökérben foszforsók fölöslege alakult ki, ezért a bőséges trágyázás gyorsítja a magképződést. A gyept hamuval trágyázva a herefélék bújnak elő, a savanyú Ca-foszfát kezelésnél a francia perje szárai jelennek meg.

Az évelők gyökérzete általában nagyobb az egynyáriakénál. Az egyévesek minden évben elvesztik gyökereiket, míg az évelőké tovább nőhet. A sűrű gyept-állomány főként levélből áll, kevés a szár, némely növény évekig csak föld alatti hajtásokat képez. Az évelő réti és gyeptnövényeknél a föld alatti hajtások segítenek a túlélésben kedvezőtlen viszonyok között. Tartalékaik mozgósításával kivárható a körülmények jobbrafordulása, míg az egyéves esetleg elpusztul. A rét hozamá-nak tartóssága függ a növények számától. Az egyedek egyrésze felfelé nyúlik, virágozik és magvakat terem, másik része a föld alatt halmozza fel a jövőbeni fejlődés feltételeit. A fásszárú növények a spárgához hasonlóan fejlődnek azzal a különbséggel, hogy vegetációjuk végén törzsüket nem vesztik el. A másfél láb magas tölgyfavesszőnek 3 lábnál is hosszabb gyökere lehet. A törzs és a gyökér

tápanyagraktár a jövő évi hajtások képzéséhez. A hárs, az éger és a fűz kivágott törzse, ha árnyékos és nedves helyen fekszik, még évek múlva is kihajt és több láb hosszú leveles ágakat növeszt. Amikor az erdei fák magképzése szünetel, az élőlő növényekhez hasonlóan viselkednek. Ha szegény talajon nőnek, akkor csak több év alatt képesek magot hozni (Sentner, Ratzeburg). A tápanyagokban lombhul-lással bekövetkező veszteség csekély. A levelek kifejlődésével a kéreg sejtjei feltöltődnek keményítőliszttel, a levélnyel pedig kiürül (H. Mohl). Már jóval a lombhullás előtt csökken a levél nedve, míg az ágak kérge telítődik (H. Mohl).

Mindez összhangban áll azokkal az eredményekkel, amit különböző korú bükkfalevelek vizsgálatánál kaptak. Miután a levelek elérték normális nagysá-gukat súlyuk már nem gyarapodott, de az összetételük változott. Az előállított szerves anyagok az élőlő növényi részekbe, a törzsbe és a gyökérbe vándoroltak. Ugyanez történik ősszel a még meglévő oldható alkotórészekkel. Röviddel a színváltoztatás előtt az őszi levelek súlya jelentősen kisebbedett. A hamu vizsgálá-ta azt mutatta, hogy a levelek alkálifém és P-tartalma a tenyésztő alatt állandóan csökkent, ugyanakkor a Ca és Si mennyisége folyamatosan nőtt. A fűfélék is hasonló módon juttatják vissza az asszimilációs termékeiket. Ha nyáron a növek-vő hőség következtében a levelek elhervadnak, a megsárgult levelekből a N, foszforsók és az alkálifémek csak nyomokban mutathatók ki. Az állatok ösztönszerűen kerülnek mindenfajta lehullott levél elfogyasztását.

Az egy- és kétéves növényekben a szerves anyagok szintézise a mag, ill. a termés előállítására fordítódik, s ezzel a növény élete véget is ér. Az élőlő növé-nyek fennmaradásához ugyanakkor a magtermés csak véletlenszerű feltétel. A kétéves növény természetesen több időt fordíthat a termésképzésre mint az egyéves, de ez a periódus az időjárási körülményektől és a talaj adottságaitól is függ. Az egyéves növény föld alatti és feletti szervei egyenletesen fejlődnek. A kétéves gyökérnövény fejlődése három periódusra oszlik. Az elsőben különösen a levelek alakulnak ki, a másodikban a gyökerek, majd a virágok és a termés. A gyökérben tárolt tápanyagok függvénye a virág- és termésképzés. Anderson vizsgálta a kétéves fehérrépa anyagcseréjét és szárazanyag gyarapodását. (Journal of agric. and transactions of the highland soc. No. 68, No. 69. new series 5.). Az 1 acre földön négyszer vettek mintát: július 7-én, augusztus 11-én, szeptember 1-jén és október 5-én. A levelek és gyökerek súlya az alábbiak szerint alakult (font/acre):

Mintavétel ideje napokban		levélsúly	gyökérsúly
1. mintavétel,	32 nap után	219	7
2. mintavétel,	67 nap után	12793	2762
3. mintavétel,	87 nap után	19200	14400
4. mintavétel,	122 nap után	11208	36792

Az adatok szerint az első 67 napon a levélképződés dominál. Még az 1. és 2. mintavétel között eltelt 35 nap alatt is a levéltömeg 12574 fonttal, míg a gyökértömeg 2755 fonttal nő, azaz a napi gyarapodás a levelekben 359, míg a gyökerekben 78 font. A 11 súlyrész felvett tápanyagból 9 súlyrész fordítódott levélképzésre és csak 2 súlyrész a gyökérképzésre. Más az arány a harmadik stádiumban, melyben a levelek súlya 20 nap alatt 6507 fonttal, a gyökereké pedig 11638 fonttal emelkedik. A napi súlygyarapodás a levelekben 325, míg a gyökerekben 852 font, ami átlagában számolva a duplája az előző stádiuménak. A növekvő súllyal arányosan nőhet a gyökér és a lomb. A beépülés arányai azonban megváltoznak, a 25 súlyegységnyi tápanyagból csak 9 marad a levelekben, míg 16 egységnyi a gyökértömeg növekedésére szolgál.

A levelek elérve normális méreteiket a szintézis eredményét továbbadják, melyek a gyökerekben raktározódnak el. Ugyanazok a tápanyagok, melyek a levélképződésben vettek részt, most gyökéralkotókká váltak. A levél anyagainak ez a vándorlása és átalakulása különösen a negyedik stádiumban mutatkozik meg. A levelek összsúlya a 09. 01-én mért kereken 19 ezerről 11 ezer fontra, azaz naponta 228 fonttal csökkent. A 34 levélből 10 elhalt, míg a gyökerek több mint 22 ezer, azaz naponta 640 fonttal gyarapodtak, jobban mint az előző periódus-ban. Az ősz csökkenő hő- és napfénykinálatával nyilvánvalóan mérséklődött a levelek asszimilációs tevékenysége, a levelek anyagainak több mint egyharmada a gyökérbe vándorolt és a jövőbeni felhasználás reményében ott halmozódott fel. Az 1 acre répa napi ásványi só felvétele az utolsó 90 napos periódusban Anderson adataiból számolva az alábbi (font/nap):

Súlygyarapodás, tápelemfelvétel	Fejlődési stádiumok		
	II.	III.	IV.
A növény tömege	437	907	411
Nitrogén	1.15	0.70	1.21
Foszforsav	0.92	1.10	1.25
Kálium-oxid	1.41	4.04	3.07
Kénsav	1.12	1.57	1.52
Konyhasó	0.84	1.98	1.10

A gyökerek elemfelvétele a IV. növekedési stádiumban (font/nap):

Forrás	Foszforsav	Kálium-oxid	Kénsav	Konyhasó
Talajból	1.25	3.07	1.52	1.10
Levelekből	0.41	1.56	0.51	0.53
Összesen	1.66	4.63	2.03	1.63

A felvett foszforsav mennyisége a második növekedési periódus kezdetétől a negyedik periódus végéig (90 nap alatt) napi 0.92 fontról 1.25 fontra nőtt. Anderson feltételezi, hogy a III. stádium leveleinek N elemzése hibás, az eredmények túl alacsonyak. A két utolsó stádium (55 nap) N-felvételét átlagolva napi 1.02 font N jut, mely közeláll a megelőző stádium 1. napján mérthez. A K-felvétel 08. 11. és 09. 01. között valamivel megelőzte a szárazanyag gyarapodását. Ezt követően 09. 01. - 10. 05. között a gyökerek tömege ugrásszerűen emelkedett, a K-tartalmú vegyületek pedig a levelekből a gyökerekbe vándoroltak. Világosan észrevehető, hogy a gyökérben a K-felhalmozódás összefügg a cukor és más szénhidrát alkotók képződésével, bár határozott arányukat nem lehet megadni. A kénsav felvétele emelkedő tendenciát mutatott, míg a konyhasó akkumuláció a III. stádiumban érte el maximumát.

Az ásványi elemek felvétele (a K kivételével) általában nőtt a tápanyag-feltevő felülettel. A N és a P minimális gyarapodást mutatott a N- és P-mentes szénhidrátok képződésének megfelelően. A kénsav és a konyhasó mennyiségük alapján éppoly fontosnak mutatkozott, mint a többi ásványi anyag. A felvétel arányai eltértek. A II. stádiumban a 35 nap alatt kereken 49 font K-oxidot asszimilált a növény, melyből 8 font a gyökerekben és 41 font a levelekben található. A levél/gyökér súlyaránya ehhez hasonló volt. A III. stádiumban a gyökérsúly meghaladta a levél tömegét és a felvett 90 font K-oxidból 34 font a gyökerekben maradt. Hasonló dinamikát mutatott a többi ásványi alkotóelem, követve a hajtás/gyökér súlyarányait. A levelek és gyökerek tömegének figyelembevétele nélküli elemfelvétel ugrásszerűnek és egyenlőtlennek tűnik. A növény napi N, P, S, Na, Cl asszimilációja valójában kiegyensúlyozott, ettől csak a III. stádiumban megfigyelt K-felvételi maximum tér el.

A növényben a szénsavból, vízből, ammóniából és az ásványi sókból feltehetően egy stabil albumin típusú fehérje, valamint egy átalakuló szénhidrát keletkezik. A szénhidrát íztelen gumyszerű anyaggá, cellulózzá vagy cukorrá alakulva beépül a levélbe vagy gyökérbe attól függően, hogy hol zajlik intenzívebb növekedés. A fehérjeképződés N és P igényét kielégítendő a répatalaj felső rétegében megfelelő P-ellátást igényel, hiszen a kezdeti fejlődés idején a gyökerek kevésbé fejlettek és kisebb térfogatú talajjal érintkeznek, de a kisebb talajtérfogathból ugyanannyi tápanyagot kell felvenniük. A keményítőt, gumit vagy cukrot előállító növények hamujának jelentős a K-tartalma. Ezért nőtt a felvett K mennyisége a III. és IV. periódusban, amikor intenzív szénhidrátképzés folyt. A répa éghető- és hamuanyagai meghatározott arányban állnak.

A tenyészdő utolsó hónapjaiban a levelek mobilis anyagainak közel fele a gyökerekbe vándorol és ott raktározódik. A következő év tavaszán a gyökér gyenge lombot és több láb magas szárat hajt, majd a magvak kifejlődésével elhal a növény. A gyökér tápanyagtökéjének nagy része a második évben ill. a III. periódusban magképződésre használdik anélkül, hogy ebben a talajnak a vízellátás biztosításán kívül más szerepe is lenne. Valamennyi monokarp, egyszer

virágzó és magot termő növénynél mint a répa, elkülöníthetők fejlődési szakaszok. Az I. szakaszban felhalmozódnak tápanyagok a II. szakaszra, a II.-ban pedig felkészül a növény az utolsó, III. életszakaszára. A raktározás szerve nem minden esetben a gyökér. A szágópálmánál a törzs, az aloe vagy agave esetében pedig a vastag, húsos levelek telnek meg tápanyagokkal. A magképződés itt kevésbé függ egy adott időszak viszonyaitól mint attól, hogy az előző periódusban milyen tartalékok tápanyagok képződtek. Ha a klimatikus feltételek kedvezőek, a magképződéshez szükséges időszak lerövidül, ellenkező esetben meghosszabbodik.

Az egynyáriak szintén monokarp növények, melyek a magképzésre néhány hónap alatt készülnek fel. A zab 90 nap alatt fejlődik ki és terem érett magvakat. A takarmányrépa viszont csak a második évben, a szágópálma 16-18, míg az aloe 30-40 (egyes esetekben 100) év alatt. Sok évelő hajtása évente elhal, de a gyökér megmarad. A monokarp növények magképződésével a gyökér is elhal, mert a mag biztosítja a fennmaradást. Az évelőknél a mag csupán ennek egyik lehetséges feltétele. Az évelők és a spárga gyökereinek tartalék tápanyaga a gabonaszem keményítőjéhez hasonlóan viselkedik a tenyészidő folyamán. Az évelők tárolt tápanyagai azonban nem ürülnek ki, mint a "tömlő" a gabonaszemek csírázásakor, hanem mindig újra feltöltődnek és növekednek. Az évelő mindig többet vesz fel mint amennyit lead, míg a monokarp egész tartalékát leadja termésképzéskor.

A répa őszi viselkedéséből (mikor a gyökér a levél alkotóelemeinek terhére növekszik) könnyen meg lehet érteni a levél szerepét. Az augusztusban levett néhány levél alig befolyásolja a gyökérhozamot, a későbbi leszedés azonban jelentős veszteséget okoz. Metzler szerint a korai levélszedés 7, a késői 36 % csökkenést okozott. Számos újabb megfigyelés ezeket az eredményeket megerősítette. A "Müncheni Kísérletek"-ben (Zöller) azonos számú répát félig ill. teljesen lombtalanítottak és összevetették a kontrollal. A lombtalanítás 06. 28-án és 08. 1-jén történt, az október 15-én felszedett répák termése az alábbi volt (g):

Gyökér ill. levélsúly	Teljesen lombtalan	Félig	Leveles növények (kontroll)
Gyökerek	3572	5250	12310
Levelek	752	2230	5058

Amennyiben az első évben csak a leveleket hasznosítjuk a gyökereket pedig leszántjuk, a tápanyagok jórészt a talajban maradnak. Más arányok állnának elő, ha a második év végén vágjuk le a répa fejét a szárral és a magvakkal együtt. A fehérjék és a hamualkotók többsége a gyökérből a hajtásba vándorol a második évben és a szár, ill. a magvak képződésére fordítódik. A szárbaszökés és virágzás előtt a gyökér még gazdag hamualkotókban. A répához hasonló a kalászos növények viselkedése is, a virágzás előtt összegyűjtött tápanyag nagyrésze a gyökérben ill. a talajban maradna korai betakarításnál.

A dohány gyökere olyan mértékben vastagszik, ahogy a szár nő és a levelek nagysága ill. száma gyarapszik. A szerves tevékenységben nem lehet ugrásszerű változást észrevenni, nincs szárbaszökés, az életjelenségek folyamatosan követik egymást. Miközben a hajtás csúcsán már érett magokat találunk és az alsó levelek elhalnak, az oldalsó hajtások még virágbimbókat hoznak. A dohány azzal is kitűnik, hogy két N-tartalmú vegyületet képez. A nikotinban nincs S és O, míg az albuminban igen. A levelek kereskedelmi értéke fordított arányban áll az albuminkészlettel. A száraz levelek égetésekor elszenesedő albumin ugyanis kellemtelen, szarura emlékeztető szagot áraszt. Az albuminnal együtt nő a nikotin és erős dohány képződik. Néhány ilyen fajta keverés nélkül nem is szívható. A francia és német dohányt cigaretta vagy tubák gyártására használják. A tubák minőségére kedvezőbbek az albuminban (s így nikotinban is) gazdagabb fajták. A nyirkos leveleket vagy őrleményeiket erjesztik. Az erjedés viszonylag gyors és felmelegedés kíséri. Az albuminból ilyenkor jelentős mennyiségű ammónia keletkezik, mely a német tubák egyik fő alkotórésze. A fogyasztók ízlésének megfelelően utóbbit ammónium-karbonáttal vagy ammónium-hidroxiddal még gyarapítják is a hazai előállítók. A cigarettadohány minőségét mérsékelt erjesztéssel javíthatjuk, mert így az albumin csökkenthető.

A trágyázástól döntően függ a levél mérete, világos vagy sötét színe, a szár magassága, a termés, az albumin és nikotin tartalma. Európában a dohány laza homokos, humuszos vályog vagy márgatalajon fejlődik a legjobban. Az újonnan feltört és nehéz agyagtalajon termesztett, ill. a csontliszttel, szaruliszttel, vérrel, sörtével, emberi ürülékkel, olajpogácsával, trágyalével trágyázott dohány a legerősebb, albuminban és nikotinban a leggazdagabb. Havannában az újonnan feltört talajokon és erdőirtásokon termesztik, ahol előzőleg (Virginiához hasonlóan) égetést is végeztek. A legjobb minőségű termést, mely a legkevesebb albumint tartalmazza, a harmadik évben nyerik. A "Müncheni Kísérletek" sok foszfor-savat és ammóniát tartalmazó tőzegetalaján olyan dohánylevelek képződtek, melyek N %-a kétszerese volt a tápanyagszegény talajokon termesztetteknek (Zöller, Fesca). Tapasztalatok szerint az alkálisókban gazdag tehéntrágya gyenge, míg a lótrágya erős dohányt eredményez.

A melegágyban nevelt dohány kiültetésekor úgy viselkedik, mint a csírázó mag. A kiültetés után gyökérszőrőket fejleszt, melyek képzéséhez felhasználja az elhaló levelek és a gyökér oldható tápanyagkészletét. Az ismételt átültetés még inkább növeli a gyökérszőrők képződését. Mint egynyári növény, szervesanyag-szintézise a magtermést szolgálja, ezért a termesztő a 6-10 leveles korú növény főhajtását "tetejezi", a virágok és a magkezdemények szervét jelentő szívet kitöri. Miután koronájától megfosztották, a növény szerves munkája a fejlődő rügyek felé irányul, melyek oldalsó ill. hónaljhajtásokat hajtanak. Utóbbiakat szintén kitörik (kacsmentesítés), vagy egyszerűen csak néhányszor megfordítják. A képződő tápanyagok a levelekbe vándorolnak, melyek tömege és kiterjedése nő, míg víztartalmuk csökken. Szeptember közepe felé a levelek elsárgulnak, márványszerű foltok képződnek rajtuk, pergamenszerűvé válnak, tapintásra száraz

benyomást keltenek, elernyednek. A levelek csúcsa a föld felé hajlik. Teljesen érett állapotban ragadósak és szívósak lesznek és a szárról könnyen leválnak.

A dohány kezelése változik dohányfélésegek és országok szerint. Az ún. "common english tobacco", a braziliai dohány, valamint a nikotingazdag parasztdohány esetében a termelők hagyják a növényeket magba menni. Így a N-tar-talmú anyagok megoszlanak, az albumin kilép a levelekből és a magvakban rakódik le. A fiatal hajtásokban, bimbókban és az intenzív megnyúlás helyein általában akkumulálódik az albumin. Az idősebb levelek elszegényednek, ezért a talajközeli érettebb levél enyhébb dohányt ad. A nikotin- és albuminszegény fajtáknál ezért az alsó levelek értéktelenebbek. Az európai dohánytermelők túltrágyáznak szerves trágyákkal, míg az amerikai termesztő trágyázatlan talajon dolgozik és arra törekszik, hogy a levelek nikotin és fehérje tartalmát csökkentse. Európában fordított célokat követnek, a narkotikumot tudatosan koncentrálják, ezért a felső, teljesen kifejtett leveleket törik le. Amerikában az aktív anyagcseréjű alsó leveleket hasznosítják, amikor a dohány magasságának kb. a felét érte el.

Mivel az egyéves növény tápanyagkészletét a magok beérésekor adja le, a levelek elvesztése után a dohány még nem hal el. A száron új hajtások és levelek képződnek. Nyugat-Indiában, Marylandban és Virginiában a levelek törése előtt a töveket a talaj felszíne felett bevágják, a így a növény megdől, de a gyökérrel kapcsolatban marad. A levelekből elpárolgó víz helyébe vándorolnak a növényi nedvek a szárból és a gyökérből. A nedvek a levelek hervadása közben betömnyednek. Rajna-Pfalzban nemesebb, albuminban és nikotinban szegényebb dohányt nyernek oly módon, hogy a szarát a talaj felszíne felett a levelekkel együtt levágják és csúcsával lefelé felakasztva szárítják. A szár egy ideig tovább vegetál, kis ágakat hajt, melyek lassan felfelé nőnek és virágbimbókat teremnek. Az új hajtásokba átvándorol a nemkívánatos nikotin és albumin a levelekből.

Az őszi búza fejlődését tekintve hasonló a kétéves növényekhez. A kétéves répa első leveleivel együtt kialakulnak a gyökérszörők, a lomb kifejlődésével pedig a gyökér növekedése felgyorsul. Végül megjelenik a virágzatot és a magvakat termő szár. Az őszi gabona vetése után hamar kihajtja első leveleit és bokrosodik a téli, ill. kora tavaszi hónapok folyamán. Fejlődése látszólag heteken vagy hónapokon át szünetel. A meleg beálltával több láb magas leveles szarát hajt csúcsán virágbimbós kalásszal. A levelek alulról felfelé sárgulnak és a magvak beérésekor a szárral együtt elhalnak.

Nem kételkedhetünk abban, hogy a bokrosodás alatti látszólagos stagnálás idején (az enyhe télű Nyugat-Európában - Szerk.) a növény föld alatti és föld feletti szervei megszakítás nélkül működnek. A folyamatos tápanyagfelvétel főként a levél tömegének gyarapítását szolgálja, nem pedig a szárképződést. A levelekben képződő asszimiláták nagy része feltehetően átmenetileg a gyökérbe vándorol és csak később fordítódik a szár képzésére. Felmelegedéssel nőni fog a tápelemfelvétel a szervek gyarapodásával párhuzamosan. Tavasszal az idősebb levelek és azok a gyökérszörők, melyek a körülvevő talajt kimerítették, elhalnak. A

gyökértörzsön új hajtások és gyökérszörök fejlődnek, míg a szártagok egy bizonyos hosszat el nem értek. Ettől kezdve a felvett ásványi elemek, valamint a levelekben, szárukban és a gyökerekben képződött asszimiláták mozgékony része a virágzásra és a magképzésre fordítódik.

Schubart szerint a kalászosok gyökere kezdetben gyorsabban nő, mint a levele. Vetés után 6 héttel a rozs levelei 5 col, egyes gyökerek 2 láb hosszúak voltak. A gyökérfejlődés meghatározza a kalászképzést és a bokrosodási képes-séget. A 3-4 láb gyökerű rozs 11 oldalhajtást fejlesztett, míg az 1-2 láb gyökerű csak 1-2, s végül az 1.5 lábnál rövidebb gyökérrel rendelkezőknél egyáltalán nem fejlődött oldalhajtás. Úgy tűnik, az őszi gabonákra kedvező a hideg időszak, amikor a föld feletti szervek növekedése visszaszorul. Előnyös, ha a téli időszakban a levegő hőmérséklete valamivel alacsonyabb, mint a talajé.

Káros a termésre, ha az őszi vagy a tél túlságosan enyhe. Ilyenkor a főhajtás gyorsan megnyúlik és elhasználja azt a tápanyagot, ami a rügyek és az új gyökerek képződésére vagy a gyökerekben lévő tartalékok gyarapítására szolgált volna. Ezeket a gyengén gyökerező és bokrosodó növényeket a gazda lelegetteti vagy levágja. Ezután újból indul a rügy- és gyökérképzés és ha kedvezőek a körülmények, ill. a növénynek van elegendő ideje arra, hogy a gyökér készleteit ismét feltöltse, akkor a normális fejlődési arányok ismét helyreállnak. A tavaszi gabonák fejlődése az ősziét követi, a periódusok azonban időben rövidebbek. Arendt a zab szerves- és ásványi alkotórészeinek gyarapodását határozta meg bokrosodás végén, szárbaindulás végén, virágzáskor, érés kezdetén és teljes érésben. A mintavételi idők 5 fejlődési stádiumot reprezentálnak. Június 18-án a növények átlagos magassága 31 cm, az alsó három levél már meglehetősen kifejlődött és szétterült, a két felső még összezárt. A szártagok közül az alsó háromnak volt mérhető hossza (1, 2 ill. 3 cm), míg a három felső épphogy megjelent. Június 30-án (12 nap múlva) a növény kétszer olyan magas (63 cm), július 10-én (további 10 nap múlva) pedig elérte a 84 cm-t. Az 1000 növény hamufelvétele ill. szárazanyag-akkumulációja az alábbiak szerint alakult g-ban:

Éghető és nem éghető alkotók	Mintavétel naptári ideje és a fejlődési stádium hossza				
	06.18. 49 nap	06.30. 12 nap	07.10. 10 nap	07.21. 11 nap	07.31. 10 nap
Összes gyarapodás					
Szerves anyag	419	873	475	435	128
Hamuanyag	37	33	30	20	7
Napi gyarapodás					
Szerves anyag	8.5	72.8	47.5	39.4	12.8
Növekedés	1.0	8.5	5.5	4.6	1.5
Hamuanyag	0.8	2.8	3.0	1.8	0.7
Növekedés	1.0	3.7	4.1	2.5	1.0

Arendt a hajtás anyagforgalmát vizsgálta ellentétben Andersonnal, aki a teljes répát meg tudta elemezni. A szerves- és hamuanyagok felhalmozásában nagyfokú egyenlőtlenség mutatkozik. Az egész fejlődési idő kb. 92 nap volt. A tenyészidő feléig (49 nap) a növény látszólag alig gyarapodott, jobbra csak a levelek alakultak ki. Ezt követően a szárbaszökés 12 napja alatt, 06. 30-ig megduplázta hamuanyagát és magasságát, valamint háromszorosára növelte szerves anyagait. A napi gyarapodás üteme 8.5-szeres a szárazanyagban, ill. 3.8-szeres a hamuanyagokban az előző stádiumhoz viszonyítva. Valószínűtlen, hogy a növény felvevőképessége egyik napról a másikra ugrásszerűen megváltozott volna. A zab fejlődése feltehetően ugyanazon mechanizmusnak alávetett, mint a répa. Bokrosodáskor a levelekben képződő anyagok a gyökérben halmozódnak fel, majd a szárbaszökés idején a hajtásba vándorolnak. A hő és fény intenzitásával emelkedik az asszimilációs tevékenység és az elemfelvétel, de a hamualkotók viszonylagos aránya azonos marad, mint a répában.

A zab föld feletti részének tápelemfelvételét az I. és II. fejlődési stádiumban (azaz a virágzás kezdetéig), majd ettől az időponttól az érés kezdetéig, s végül az érés folyamata alatt 1000 növényre számolva a következő értékekkel jellemezhetjük (g):

Felvett elemek	Stádium I+II 61 nap alatt	Stádium III+IV 21 nap alatt	Stádium V 10 nap alatt
Kálium-oxid	34	13	0
Nitrogén	25	25	5
Foszforsav	6	7	1

Látható, hogy a zab hajtása egy napra számolva a III+IV. stádiumban átlagosan ugyanannyi K-ot vett fel, mint az előző periódusban. Ezzel szemben a N és P beépülése mintegy háromszorosa volt a korábbi felvételi szakasz intenzitásának. A föld feletti szárba, a kalászba és a levelekbe 21 nap alatt ugyanannyi P és N épült be, mint a megelőző 61 nap alatt. A répánál láttuk, hogy amikor szírt hajt, a szár, a virág és a magok alkotórészei már nagyrészt elraktározódtak a gyökérben. Az egyéves magtermő növények ugyanígy viselkednek. A termésbe kerülő alkotóelemek fő tömegét az asszimilációt végző szervek korábban létrehozzák és a gyökérben, a szárban stb. felhalmozzák. Knop megfigyelte, hogy a virágzáskor talajból kiásott és vízbe helyezett kukorica csöveket és érett magvakat képes teremni. A magképződéshez szükséges anyagok tehát már a virágzás idején a növényben vannak. A búza virágzás előtt levágva az évelők fejlődési ritmusát veszi fel és a gyökérben több tápanyagot asszimilál, mint amennyit lead. Buckmann (Journ. of the Royal Agric. Soc.) 1849 őszén búzát vetett, amit 1850. folyamán

újából és újból levágtak. A sarjadzó növények nem érték el a virágzás stádiumát és az áttelelés után 1851-ben egész jó termést hoztak.

Zöller (Journ. f. Landw., neue Folge, Bd. II. S. 292.) tarka törpebabbal állított be kísérletet homoktalajon. Tíz nappal a vetés után végezték az első mintavételt. Ez a tíz nap képezte az I. növekedési periódust, amikor a sziklevelek már összezsugorodtak, de még a száron voltak. A II. periódus 50 napig, virágzás végéig tartott. A vetéstől a virágzás végéig tehát összesen 60 nap telt el. A magvak teljes éréséig még 69 napra volt szükség a III. periódusban. Az egész vegetációs idő így 129 napot tett ki (05. 25 - 10. 10). A növényi részek szárazanyag tömegét 100 °C-on történt szárítás után határozták meg. A 100 növényi részre számított szárazanyag hozamok az alábbiaknak adódtak, g-ban:

Növények részei	Vetőmag vetéskor	I. periódus 10 nap alatt	II. periódus 60 nap alatt	III. periódus 129 nap alatt
Gyökér	-	5	95	28
Szár	-	32*	103	89
Levél	-	-	68**	17
Mag	66	-	-	108
Hüvely	-	-	-	89
Összesen	66	37	266	331

* Levelekkel és az összezsugorodott sziklevelekkel együtt

** Virággal együtt

Amint látható, a növények kezdeti fejlődése a mag anyagainak veszteségével jár. A növekedés II. periódusában ezzel szemben jelentkezik a szervesanyag-akkumuláció maximuma, mely 229 g-ot tett ki. Ezt követően már csak 65 g gyarapodás történik a III. periódusban. A növény munkája döntően már nem újabb szervesanyag-szintézisre irányul, hanem a képződött anyagok elraktározására a szemben. Az anyanövény ebből adódóan kimerül, mely tükröződik a szervek súlyarányaiban. A gyökerek, levelek (virágokkal együtt) és a szárak tömege a II. periódusban 266 g, míg a III. periódusban 134 g, tehát szárazanyaga-guk mintegy felét a növények elvesztették. Ez a 131 g "veszteség" a III. periódusban képződött további 65 g anyaggal együtt képezte a magvak és hüvelyek aratáskori 196 g szárazanyag súlyát. A II. periódusban tehát a gyökerek, szárak, levelek és virágok képzéséhez szükséges alkotókon kívül a termés anyagainak 2/3-a is létrejött. Összehasonlításképpen Zöller hasonló módon bab csíranövényeket nevelt. Az I.

periódus végén 100 csíranövény szárazanyag súlya a következőképpen alakult, g-ban:

Növényi részek	05. 9-26.	05. 25 - 06. 4.
Gyökerek	9.59	4.77
Leveles szárazak	27.67	31.58
Összesen	37.26	36.35

Ebben a kísérletben az emelkedő hőmérséklet és a hosszabbodó napok csírázásra gyakorolt hatása is látszik. Míg május elején a bab-embriónak 17 nap kellett a teljes kifejlődéshez, addig május végén 10 nap. A későbbi kísérlet csíranövényei magasabbra nőttek, a hajtás aránya a gyökerek rovására nőtt, a gyökér súlya felére csökkent. A gyökerek már akkor is különböztek, amikor a növényeket a talajból kiemelték. A késői kísérlet friss gyökerei vékonyabbak, míg a korai vetésé durvábbak, teltebbek és nagyobb térfogatúak voltak. A durva gyökerek áthatoltak a homokon és gyakran kétszer olyan hosszúak voltak, mint az edény magassága. Sajnos a korai kísérlet növényeit nem nevelték fel aratásig. A különböző körülmények között csíráztatott magvak terméshozamra gyakorolt hatása ezáltal nyilvánvalóvá vált volna.

A zab és a répa tápelemigénye eltér fejlődésük egyes periódusaiban is. Anderson a répával, Arendt a kalászosokkal nyert adatokat, melyekből bizonyos következtetések levonhatók, bár nem elégségesek törvényszerűségek megállapítására. A foszforsav és a nitrogén aránya az első év végén répában megközelítően 1:1; a zabban ugyanakkor 1:4. A zab tehát 4-szer annyi N-t igényel egységnyi P-ra, ill. a répa 4-szer annyi P-t egységnyi N-re. Amennyiben a répa és a zab fejlődése analóg, gyökereikben hasonló alapelem-készlettel kell rendelkezniük szárbaindulás előtt. A szerves anyagok tömege ekkor a répában nagyobb, hiszen a tápanyagfelvételhez 122 nap állott rendelkezésére, míg a zab ekkor 50 napos.

A létrejött növényi anyag tömege függ a növényfajtól is. Ha a zab tápanyagfelvevő gyökérfelülete kétszer akkora lenne mint a répáé, akkor naponta kétszer több tápanyagot vehetne fel, vagyis 50-60 nap alatt ugyanannyit, mint a répa 120 nap alatt. A répa tenyészideje az első évben 120-122 nap, a második évben a magképződés július végén zárul, összesen tehát 244 nap. Amennyiben a zab 93-95 napos tenyészidejét 244 napra meghosszabbíthatnánk, két és félszeres zabtermés lenne betakarítható és a fehérjehozam sem lenne kevesebb, mint a répában. A véralkotó fehérjék és a szénhidrát keményítők aránya a gabonamagban 1:4-5, míg a répagyökerekben vagy a burgonyagumókban 1:8-10. Utóbbiakban tehát a szénhidrát-túlsúly dominál.

A magvak csírázásakor néhány gyökérke nő lefelé, s eközben a csírából egy rövid szártag fejlődik ki 2-3 valódi levéllel. A keményítő alkotórészei elfolyósod-

nak és gumihoz hasonló anyaggá, majd cukorrá alakulnak át. A sikerből albumin lesz. A kettő együttesen alkotja a protoplazmát (Naegeli féle szerves tápanyagok), vagy más szóval a sejt tápanyagát. A folyós halmazállapot lehetővé teszi a sejt-képződés helyei felé való áramlást. A keményítő szolgáltatja a sejt külső falának képződéséhez szükséges elemeket, míg a fehérje a sejt belsejének alkotóelemévé válik. A csírázaskor elveszített szénsav később pótlódik, de a csíranövény súlya hetekig alig nő. A csíra tömege, fehérje és szénhidrát tartalmának aránya is közelálló a magéhoz, csupán más formát vett fel. Összességükben a levelek, gyökerek, száraz és hajtások átalakított alkotóelemeket képviselnek. Az új növény pedig már képes a fotoszintézisre, a protoplazma biztosítja a sejt-képződés folyamatosságát.

Tápanyagok hiányában a tiszta vízben fejlődő növények nem képesek asszimilációra. Miután bizonyos stádiumot elérnek, a sejt-képződés leáll. Átmenetileg azonban új gyökerek és levelek képződhetnek, miközben az elözöek elhalnak. Az új levelek fejlődése a régiak alkotóelemeinek rovasára történik, amelyek átvándorolnak. Egy árpamag pl. tiszta vízben három gyökeret hajtott, a középső 30 cm hosszú volt. Három levelet is fejlesztett, melyek közül az első 25 cm hosszúságot ért el. Az egész növény súlya szárítás után kb. egy árpamag átlagos súlyának felelt meg. Néhány nap után általában a csíra elhal, a szénhidrátok cellulózzá vagy fás sejtekké alakulva elvesztik mozgékonyosságukat. Nélkülük a sejt-képződés teljesen megszűnik. Az elhalt levelek elégetésekor hamu marad vissza, ásványi anyagokat és némi N-tartalmú vegyületet is mutatnak. A csírázó mag fehérjei tulajdonképpen állandó mozgásban, átalakulásban vannak, újra és újra hasznosulnak a növényi szövetekben.

Boussingault N-hiány kísérleteit (Annal. de chim. et de phys. Ser. III. XLIII., p. 149.) más szempontok vizsgálatára állította be, de adatai meggyőzően bizonyítják, hogy a N-tartalmú anyagok a növény életfolyamatait fenn tudják tartani tömegük gyarapodása nélkül. A kísérletekben csillagfürt, bab és zsázsa magokat vetettek mosott és kiizzított horzsakőbe, melyhez istállótrágya-hamut, valamint magvak hamuját keverték. A növények egy része olyan üvegharang alatt fejlődött, melyben a szénsav tartalmú levegőt mindig cserélték. A levegőt és az öntő-zéshez használt vizet gondosan megtisztították az ammóniától. Az összesen 4.78 g csillagfürt, bab és zsázsa mag 0.227 g N-t tartalmazott és zárt térben csírázva 16.6 g száraz növényi anyagot adott. A talaj N-tartalmát is hozzászámítva 0.224 g N-t kaptak vissza. Egy másik kísérletben a növények (a harmat és az eső kizárásával) a szabad levegőn nőttek. A kereken 5 g csillagfürt, bab, zab, búza és zsázsa vetőmagból 19 g szárított növényi anyagot nyertek. A vetőmag 0.23 g, a növények és a talaj együtt 0.25 g N-t tartalmazott. Az első kísérletben a N kivételével valamenynyi tápanyagot megkapta a növény, tehát csak a N-mentes anyagok képződésének feltételeit biztosították. A mag tartalmaz tápanyagokat de nem rendelkezik feleslegekkel, ezért tiszta vízben a csíra súlya nem nőhet. Ásványi elemek nélkül a növény szervei csak vizet vesznek fel, szénsavat vagy ammóniát nem. Amennyiben a vízzel bekerül szénsav vagy ammónia is, nem gyakorolhat befolyást az anyag-

cserére, mert a növény ezt a két vegyületet nem bontja el és elemeiből nem képez szerves anyagot.

Boussingault kísérleteiben az ásványi anyagok hatása félreismerhetetlen. A mag szárazanyaga megháromszorozódott, de a N-tartalmú anyagok mennyisége nem változott. A magban lévő N súlyának 56-szorosát kitevő N-mentes anyag képződéséhez tudott hozzájárulni. Ez azt is jelenti, hogy amennyiben a N-mentes vegyületek C-tartalma 44 %, saját súlyának 90-szeresét kitevő szénsav elbontásában vett részt. A növény növekedése tükrözi a belső átalakulásokat. Kezdetben a csíra erőteljes fejlődésnek indul, majd a levelek elhervadnak és részben lehullanak. Később új levelek jelennek meg és egy ponton az újonnan képződők az elhalók terhére fejlődnek.

A május 10-én elültetett 0.755 g súlyú törpebab magja vízkultúrában július 30-ig 17 kifejlett levelet hozott, melyek közül az első 11 db július 30-án elhalt. A növény ezután virágzott, majd augusztus 22-re csaknem az összes levelét elveszítve egyetlen kis babszemet termett. A "termés" súlya 4 cg, az elvetett mag tömegének 1/19 része volt. A teljes növény súlya ezzel szemben majdnem háromszor annyi, mint az elvetett mag tömege. A második kísérletben a növények 1.92 mg N-t vettek fel a levegőből és ezzel 0.83 g szárazanyag-többletet tudtak előállítani, vagyis 1 mg N-re 43 mg N-mentes anyag jutott. A tiszta vízben és a talajban eltérő a fejlődés. A csíra első szervei a magból táplálkoznak mindkét esetben, de a vízben nevelt növényeknél a N-mentes vegyületek mennyisége folyamatosan csökkent, míg a talajon újraképződtek. Boussingault kísérleteiben

az ásványi táplálás nyomán a levelek szintén azzal a képességgel rendelkeztek, hogy szénstavat tudtak felvenni és elbontani.

Az ásványi anyagok és N jelenlétében a növény képes volt az asszimilációra és élettartama a normális határig meghosszabbodott. A mag csekély N-tartalmú anyaga hosszú időn keresztül funkcionált változás nélkül. A többsúlyt eredményező N-mentes vegyületek nagyrésze az elhaló levelekkel együtt eltávozik. A törpebab N-hiányos táplálásakor az ásványi anyagok adagolása nem hozott hasznot. (Steril horzsakőben gyökérgümők nem fejlődtek, a bab nem köthetett N-t. A Szerk.). A babszem N-je talán elegendő lett volna egy túlevelű növény, amely leveleit nem veszíti el, többéves fennmaradásához, súlyának több százszorosát vagy ezerszeresét is kitevő faanyag képzéséhez. Ezért lehet képes a túlevelű szinte terméketlen talajon, csekély N-ellátás mellett is fejlődni, amennyiben a talaj az egyéb ásványi anyagokat szolgáltatja.

A növény kifejlődéséhez a N-mentes és a N-dús anyagok ugyanolyan arányban szükségesek, mint a magban voltak. Ebből valószínűsíthető, hogy a növény egész élete folyamán a napfény hatására mindig ugyanazt az anyagot, mégpedig a mag alkotóelemeit hozza létre. A szerves alkotókat levelek, szárak, gyökérszálak és végül magvak formájában látjuk megjelenni. A bimbó, gumó vagy az élő növény gyökerének oldható alkotóelemei azonosak a magok alkotóelemeivel. Boussingault megfigyelte, hogy a 2-3 mg súlyú magvak képesek steril talajon teljes növényeket produkálni. A növények súlya azonban hónapok múlva sem volt sokkal több, mint amennyi a mag súlya, ha a növényeket szabályozott összetételű atmoszférában tartották. Másrésztől satnyák maradtak, bár virágoztak és magot termettek. Termékeny talajon a magvakból ismét normális növények fejlődtek (Compt. rend. T. XLIV. p. 940).

A képződött szerves anyagok olyan helyekre szállítódnak, ahol jelentős sejtképződés megy végbe. Mégpedig a gyökértörzsbe, a levélrügyekbe, a gyökér és hajtás csúcsokba, végül az egynyári növényeknél a magba. Az ásványi elemek adagolása elősegítette a N-mentes vegyületek keletkezését, melyek egy része a fás sejtek kialakulását szolgálta, másik része viszont oldható állapotban megmaradt. A N-táplálás ugyanakkor a N-tartalmú anyagok szintézisét gyorsította, elősegítve a protoplazma újraképződését. A virágzás és a magképzés feltételezi a levelek és gyökerek nyugalmi állapotát. Szárazság idején az ásványi tápelemek felvétele akadályozott és a levélképződés is visszaszorul, a virágzás előbb jelentkezhet a kényszer-nyugalmi periódus miatt. Száraz, hűvös időjárás elősegíti a magvak képződését, míg a nedves, meleg időben a gabonatermés csökken, esetleg a tavaszi gabona egyáltalán nem terem. A gyökérnövények N-szegény talajon jobban virágoznak és több magtermést adnak.

A szénhidrát-termelő répa és a fehérjét termelő búza levelei eltérőek méretükben, víztartalmukban. Mikroszkóp alatt még nagyobb különbséget látunk. A búza levelei felfelé állnak, ezáltal kevesebb fényt kapnak. A répa levelei árnyékot vetnek a talajra, gátolják kiszáradását és szénstavnak elpárologását. A búzalevél

felületén a nyílások egyenletesen és azonos sűrűséggel helyezkednek el mindkét oldalon, míg a répalevélen több kisebb nyílás van és a nyílások nagyobb része a talaj felőli oldalon található.

A növények tápanyagfelvétele nem egyszerű ozmotikus jelenség, hanem a gyökerek aktív tevékenységének eredménye. Mindez legszembetűnőbben a vízi növények esetében mutatkozik meg, ahol a gyökér az ásványi elemeket homogén oldatból veszi fel. A víz és a vízi növények elemzéséből látható, hogy ugyanabból az oldatból minden növény más arányban asszimilálja elemeit. A békalencse hamujában pl. 10:22 a konyhasó:kálium aránya, míg a közegül szolgáló vízben 10 súlyrész konyhasóra 4 súlyrész kálium esett. A növényben a kénsav:foszforsav aránya 10:14, a vízben 10:3 volt. Hasonló a helyzet a tengerben. A tengervízben 25-26 sr. NaCl-ra 1.2 - 1.3 sr KCl esik, míg a növényben több a K. Az Orkney-szigeteken található ún. Kelp a Fucus-félék hamujából áll és 26 % KCl mellett csak 19 % NaCl-ot tartalmaz. Lásd a Fucus-félék hamuelemzését Gödechens szerint (Annal. d. Chem. u. Pharm. LIV. 351.).

Tengervízben a Mn olyan kis mennyiségben fordul elő, hogy analízissel szinte kimutathatatlan, ugyanakkor a tengeri növény hamujában állandó alkotó. A Padina pavogia (egy tengerimoszat-féle) hamujának pl. több mint 8 %-át képezi. Idézzük az alábbiakat az elmondottak alátámasztására: "Ez a növény rendkívüli erőt fejt ki a Mn akkumulációja során, melynek biztonságos kimutatójához 20 fontnyi vízből először kinyertem a vasoxidot s azt vizsgáltam tovább." (Forchhammer, Poggendorff. Annales XCV. 84. old.). A szintúgy nyomokban előforduló jódot a Laminariák akkumulálják a tengerben. A KCl és a NaCl két közelálló só, kémiai segédeszközök nélkül biztonsággal nem is különíthetők el. A növény azonban tökéletesen elválasztja a két sót, 1 sr felvett K-ra 30 sr Na-ot a vízben hagy. A Mn és a Fe, valamint a I és a Cl szintén hasonlóak. Az ún. jódnövények azonban több ezer sr klorid jelenlétében is kiválasztják és felveszik a jódot.

Az ozmózis és a diffúzió nem magyarázza a szelektív felvételt, mely az élő membrán sajátja. Graham megfigyelései (Phil. Mag. 4 Ser. Aug. 1850.) szerint a K-karbonát és a KOH az állati membránt duzzasztja és fokozatosan elbontja, elősegítve a vízfelvételt. Szerinte a sejtekben az átalakulások, lebomlások és újraképződések az ozmotikus folyamatot megváltoztatják, ebből adódóan az ásványi anyagok áthatolása összetett jelenségnek fogható fel. Ozmométerének csöveiben a víz 0.1 % K_2CO_3 tartalomnál 167 mm-re, 1 % K_2CO_3 koncentrációnál 863 mm-re, azaz 38 angol colra emelkedett. Egy másik kísérletben a víz magassága 1 % K_2SO_4 esetén 12 mm volt. Ha az oldathoz további 0.1 % K_2CO_3 -ot adtak, akkor 254-264 mm-re emelkedett. A membrán kémiai kezeléssel megváltozik és nem beszélhetünk ozmotikus egyenértékről. Graham vizsgálatai bepillantást engednek az oldott anyagok membránon való áthatolását illetően. A talaj vagy a tengervíz azonos ellátást biztosít a benne fejlődő különböző növényeknek, de a növényfajok hamuja eltérő. Az élősködő növények (pl. a Viscum album) ásványi alkotórészeit készen kapják, mégsem viselkednek úgy, mint a fára ojtott ág. A nyers tápoldatból más és más arányok szerint veszik fel a tápanyagokat (Annal. d.

Chem. u. Pharm. L, 363). A talaj tápelemszolgáltatása passzív, a növényben hatnak azon tényezők, melyek a fajspecifikus tápelemfelvételt szabályozzák.

Hales adatokkal igazolta, hogy a párolgás döntően befolyásolja a növényi nedvek áramlását, valamint a vízfelvételt. Passzív felvétel esetén a különböző növényfajok gyökerei ugyanazon elemeket vennék fel változatlan arányban a talajoldatból. A gyökerek azonban szelektív tápanyagfelvételre képesek. A víz-alatti növényeknél a felületi párolgás értelemszerűen nem játszhat szerepet, az elemeket az áramló oldatból kell a felvevő felületnek akkumulálni, mégpedig szelektíven. A legkülső sejtrétegeken történő áthatoláskor az elemekkel szemben eltérő ellenállások ill. vonzások lépnek fel. A szárazföldi növények gyökereinél sem állhat másképp a dolog.

A gyökerek szelektív képessége, tehát a nem igényelt elemek kizárása a felvétel során, nem abszolút. A bükk, nyír és az erdei fenyő fájából Forchhammer (Poggend. Annal. XCV. 90.) ki tudott mutatni rendkívül kis mennyiségben Pb, Zn és Cu, a tölgyfából pedig Sn, Pb, Zn és Co elemeket. Ezekből a fémekből több található a kéregben, mint a fában. Mindez arra utal, hogy e fémek jelenléte véletlenszerű és a növények életében nem játszanak szerepet. Hogy milyen csekély a fák gyökerei által felvett fémek mennyisége abból is megítélhető, hogy a kémiai elemzés mindeddig nem volt képes a Mn-on és Fe-on kívül nyomaikat a kutak, patakok vagy források vizéből kimutatni. Egyetlen bizonyítékunk, hogy a víz ezeket a fémeket valamilyen formában valóban tartalmazta, előfordulásuk a fás növényekben. A fák fél évszázadon vagy még hosszabb időn át hatalmas mennyiségben vettek fel és párologtattak el vizet, melyben a fémek előfordulnak.

De Saussure, Schlossberger, Herth, Knop és mások megfigyelései azt mutatják, hogy a szárazföldi és vizenövények gyökerei az igen híg sóoldatokból más arányban veszik fel a vizet és a sót, mint amilyen arányban az oldat tartalmazza. Minden esetben több vizet és kevesebb sót használnak fel. A hígított Ba-oldattal öntözött növényekben Daubeny nem talált Ba-ot, míg Knop hasonló kísérletek során ki tudta mutatni. Összességében megállapítható, hogy a növények nem képesek a sók és más szervesetlen vegyületek gyökérmembránra gyakorolt hatásával szemben teljes ellenállást kifejteni. A szárazföldi növényeknek általában nem kell elviselniük olyan koncentrációjú sóoldatokat a talajban, mint a tápoldatos kísérletekben használatosak. A tápoldatos növények gyakran betegszenek meg vagy elpusztulnak. Még a K_2CO_3 és NH_4OH is méregként hat annak ellenére, hogy bizonyítottan tápelemek. Mindez akkor is előállhat, ha oly kicsi a koncentráció, hogy a piros lakmusz éppen megkékül. Csodával határos lenne máskülönben, ha a növények gyökerei a természetidegen oldatkultúrákban (nem említve a párolgás szívó erejét) a sóoldatok számára átjárhatatlanok lennének.

Tegyünk kísérletet. Állítsuk a lopószerűen meghajlított vízzel töltött cső hosszabbik szárát sós vízbe vagy olajba. A rövidebb szárát disznó- vagy ökörhólyaggal bekötve hagyjuk a levegővel érintkezésben. A hólyag pórusain keresztül elpárolog a víz és a külső oldalán pára alakjában ismét lecsapódik. A cső belsejé-

ben vákuum keletkezik és a sós víz vagy az olaj a hólyagon keresztül a csőbe hatol. (Untersuchungen über einige Ursache der Säftebewegung von J. v. Liebig, Braunschweig bei Fr. Vieweg und Sohn 1848. 67. old.). A növény sem viselkedhet másképp, mint az átjárható, porózus membránnal lezárt cső. Más a helyzet a nyomelemekkel mint a Fe, valamint a Forchhammer által a fás növényekben kimutatott fémekkel. Ismerjük a Fe állatélettani szerepét (vérképzés), viszonylagos mennyisége nem nagyobb, mint a gabonamagvakban. Az állatok és növények életét összekapcsoló törvényszerűségből következik, hogy a Fe a növény számára is esszenciális. Eddig a kémia azon ásványi elemek élettani szerepét ismerte el, melyek minden növényben előfordulnak és legfeljebb arányai térnek el fajonként. Ha azonban igazolódik, hogy a Fe a levélzöld (klorofill) és némely virágszirom állandó alkotóeleme, akkor messzebbre is tekinthetünk. Feltehető, hogy a különböző növényfajokban állandóan előforduló más fémek (pl. a Mn a Pavoniában, Zosterában, Trapa natansban, sok fás növényben, néhány gabonafélében, valamint a teacserjében) szintén részt vesznek a vitális funkciókban és bizonyos sajátosságokat meghatároznak. A Viola calaminaria az Aachen melletti cinklelőhelyek jellegzetes növénye. Előfordulása alapján újabb cinkérc lelőhelyeket tártak fel, hamujában cinkoxidot tartalmaz. (Alex. Braun)

Amint a NaCl és a KCl némely növénynél a normális növekedés feltétele, más esetben a K-jodid játszik hasonló szerepet. Amennyiben az előbbieket klór-növényeknek nevezik, úgy másokat joggal lehet jód- vagy mangánnövényeknek nevezni (Salm-Horstmar). Az alábbi vízi vagy mocsári növények hamujában találtak jelentős mennyiségű mangánt vagy vasat, bár a vízben nyomokban sem volt Mn: a Victoria regia szárában főleg mangánt, a levelében vasat; Nymphaea coerulea, dentata, lutea; Hydrocharis Humboldtii; Nelumbium asperifolium (Zöller). A különböző Fucus fajokban a jód (Goedechens), vagy a Lycopodium fajokban az aluminium (Laubach) előfordulása nincs megmagyarázva, de a növények képesek a nyomokban előforduló elemeket szervezetükben felhalmozni. Az akkumuláció úgy képzelhető el, mint egyirányú folyamat, melynek során az elem állandóan elnyelődik és nem juthat vissza az eredeti tápközegbe (víz, talaj), amíg a növény él. Meier Koppenhágában kimutatta, hogy a búza és rozs mag állandó eleme a réz. Ezzel kapcsolatban Forchhammer (Poggend. Annal. XC, 92) megjegyzi: "Hosszú ideje bevált gyakorlat, hogy a vetésre szánt búzamagvakat rézsulfát oldatban áztatják, mely a gombacsírákat elpusztítja. Amennyiben a réz a búza számára szükséges, akkor ezen eljárással hiánya megszüntethető."

Azt gondolhatnánk, hogy a tápelemfelvételt a telítési görbe jellemzi. A növény megkülönböztetés nélkül asszimilálja mindazon anyagokat, melyek a talajoldatban jelen vannak, ill. a gyökerek segítségével oldott állapotba kerültek. Ily módon azon elemek jutnának a növénybe, melyeket valamilyen módon elhasznál és megköti. A Nymphaea alba és az Arundo phragmites (Schultz-Fleeth vizsgálatai szerint) ugyanabból a talajból és vízből 13 ill. 4.7 % hamualkotót akkumulál. A kovásv mennyisége a Nymphaea hamujában még 0.5 %-ot sem ér el, míg a nádéban több mint 71 %. A fenti nézet szerint mindkét növény gyöke-rének ugyanannyi kovásv áll rendelkezésére és ugyanannyit vesznek fel. A nádban a kovásv állandóan

lerakódik szilárd állapotban a levelekben, levélszélekben és levélhüvelyekben, ennek következtében kívülről

újabb kovásv-mennyiséget igényelhet. A Nymphaeacnál ez a folyamat nem játszódik le, mert a már bekerült kovásv nem épül be, nem használódik el, koncentrációja a növényi nedvben nem csökken.

A gyökereknek eltérő a felvőképessége és a talajigénye. Az egyik növény lágy, a másik kemény meszes vízben fejlődik jól. Vannak mocsarakat, szénben gazdag tőzeges savanyú talajokat, valamint alkáliákat kedvelők. Sok moha és zuzmó a köveken nő, melyek felületét észrevehetően megváltoztatja. A borsfű hasznosítja a kvarchomokkal keveredett kevés P-t és K-ot is. A fűfélék gyökerei megtámadják a földpát tartalmú kőzeteket, gyorsítva mállásukat. A répafélék, baltacim, lucerna, valamint a tölgy- és a bükkfa tápanyagaik legnagyobb részét a humuszban szegény altalajból veszik fel. A kalászosok és a gyökérgumósok ezzel szemben főleg a humuszban gazdag szántott rétegben nőnek jól. Az élőködők gyökere növényi nedvekre utalt, a gombák növényi és állati maradványokon fejlődnek. A közönséges Lycopodium és a páfrány oldhatatlan Al-oxidot vesz fel, míg más növényfajok nem tartalmaznak Al-ot. Hasonlóképpen Schultz-Fleeth nem tudott kovásvat kimutatni abból a vízből, melyben a kovásvat felhalmozó Arundo phragmites fejlődött.

A talaj

A növények a talajból táplálkoznak, ezért fontos megismerni azon kémiai és fizikai tulajdonságait, melyek befolyásolják a tápelemek felvételét és a földművelésben alkalmazott eljárások eredményeit. Magától értetődik, hogy a termékeny talaj megfelelő tápanyagkínálattal rendelkezik. A kémiai analízis azonban kevésbé alkalmas a különböző talajféleségek termékenységének megítéléséhez, mert nem képes a növényi felvehetőséget jellemezni. Az országutak porából és iszapjából álló nyers talajt rövid időn belül gyomnövények telepítik be. Az ilyen talaj gabona és zöldség termesztésére nem alkalmas, de a gyomnövények és az élő here, baltacim és lucerna számára nem terméketlen. Jóllehet az élők sok tápanyagot igényelnek, mégis gyakran találhatók a vasúti töltések lejtőin és más nyers földhányásokon. A mélyebb rétegekből származó altalaj esetenként a szántott réteget megjavítja és termékennyé teszi, míg máskor szinte toxikus lehet és terméketlenséget okoz. A nyers (kalászos és zöldségnövények számára terméketlen) talaj többéves műveléssel és az időjárás hatására válik termékennyé. A termékeny szántott réteg és a terméketlen nyers talaj közötti különbség alapvetően nem a tápanyagtartalomban keresendő. Valójában a nyers talajt nem trágyázzák, csak művelik. Nem gyarapszik semmivel, sőt a művelés inkább elszegényíti.

Az altalaj és a szántott réteg, ill. a nyers és a művelt talaj közötti különbséget a tápanyagok eloszlása és formája adja. Műveléssel a talaj tápanyagai feltáródnak, az atmoszféra, víz és szénsav együttes hatása nyomán a szilikátok és föld-

pátok elmállanak. A szükséges tápanyagokat a talaj ekkor már olyan alakban tartalmazza, hogy a gabona is képes fejlődésének bármely szakaszában asszimilálni. A termékeny talaj a feltáródó tápanyagokat megköti, azokat vizes vagy szénsavas oldataiból kiszűri. Ez a képessége a szénre emlékeztet, mely oldatokból színezőanyagokat, sókat és gázokat tud kivonni. A szén vonzereje aktív felületéből ered. A folyadékból kivont anyagok hasonló módon tapadnak a szénhez, mint a festék a festett anyagokhoz. Az állati gyapjú és a növényi rost porózus, így a szénhez hasonlóan a színes folyadékokat színteleníti. A porított kőszén, valamint a fényes és sima cukor- vagy vérszén alig színteleníti az oldatokat, míg a porózus vérszén vagy a finom pórusú csontszén minden más szénen felülmúl. A faszenek közül a bükkfa és a fenyő szene jobb minőségű ill. adszorpciós tulajdonságú, mint a nyárfa és a lucfenyő kisebb aktív felülettel rendelkező nagypórusú anyaga. A C megkötő ereje bizonyos értelemben a vízéhez hasonló, mindkettő vonzza az oldott anyagokat. Amennyiben a C vonzása erősebb, a víz megtisztul. A C által adszorbeált anyagok csak vízdíszítőségüket veszítik el, egyéb kémiai tulajdonságukat megtartják. Másrésztől a leadás, a deszorpció is könnyen végbemegy. Így pl. lúgos közegben alkoholos kezelés hatására a felvett kinin vagy sztrichnin felszabadul. A szántott réteg a szénhez hasonlóan viselkedik: a hígított barna színű, szúrós szagú trágyalevet áteresztve rajta a lecsepegő folyadék színtelen és szagtalan lesz. De nemcsak a színt és a szagát veszíti el. A szűréshez felhasznált talaj mennyiségétől függően teljesen vagy részben megkötődik a trágyalében oldott ammónia, kálium és foszforsav is. Az a közet, melyből a szántott réteg mállással keletkezett, finomra porított állapotban éppoly kevésbé rendelkezik ezzel a tulajdonsággal, mint a finomra porított kőszén.

Némely szilikátból a szénsavas víz kiold tápelemeket, de a szilikátok nem képesek adszorbeálni ezeket az elemeket a vízből. A talaj adszorpciós képessége nem függ összetételétől. Az enyhén meszes agyag ugyanolyan mértékben rendelkezik ezzel a tulajdonsággal, mint az agyagban szegény meszes talaj. A humuszanyagok mennyisége megváltoztatja az adszorpciós viszonyokat. Ugyancsak meghatározó a talaj porozitása vagy tömődöttsége. A tömött, nehéz agyagnak és a nem porózus homoktalajoknak legkisebb az adszorpciója. Ez a képesség egyszerű kémiai affinitást, fizikai felületi vonzást jelent. Talán nem a legjobb hasonlattal élve a közet úgy viszonyul mállástermékéhez a talajhoz, mint a növényi farost a korhadása termékét jelentő humuszhoz. Ugyanazon tényezők hatnak a közetekre, melyek a fát néhány év alatt humusszá alakítják. Ahhoz azonban, hogy a bazaltból, trachitból, földpátokból vagy porfirból egy vonásnyi (néhány mm vastag) termékeny talaj keletkezzék, a víz, oxigén és szénsav talán évezredes munkájára van szükség. Ahogy a gyaluforgácsok sem rendelkeznek a humusz tulajdonságaival, az elporított közetek sem mutatják a talaj jellemzőit. A fa át tud alakulni humusszá, a porított közet pedig szántóföldi talajjá, más minőségű anyaggá. Semmiféle emberi művészet nem képes azonban e mérhetetlenül hosszú idejű hatásokat utánozni.

A talaj ásványi oldatokkal szembeni adszorpciója olyan, mint a hőkezelt farosté az oldott szerves anyagokkal szemben. A K_2CO_3 , ammónia vagy Ca-

foszfát szénsavas-vizes oldataiból a talaj úgy vonja ki a tápelemeket, hogy közben nem játszódik le csere. E tekintetben hatása a szénével megegyezik, bár ennél többre is képes. Ha a K vagy az ammónia erősebb kémiai kötést alkot egy savval, a kötést felbontja és a K-ot adszorbeálja. A talajban lejátszódó reakciók eltérnek a közönséges kémiai folyamatoktól. Az oldhatatlan mészsó kémcsőben nem bont el oldható kálisót oly módon, hogy a K oldhatatlanná, a Ca pedig oldhatóvá válik. A kémiai affinitás a talajban megváltozik. Ha a Ca-foszfát szénsavban dús vizes oldatát átengedjük tölcsernyi talajon, a legfelső réteg a sót kivonja az oldatból. Amikor ez a réteg telítetté válik az oldat továbbhalad és friss talajon kötődik meg, így minden talajrészecske felületén ugyanannyi adszorbeálódik. Ha a Ca-foszfát vörös színű lenne a talaj is elszíneződne, mintha befestették volna. Ugyanilyen módon viselkedik a K_2CO_3 -oldat.

A csontliszt szemcse Ca-foszfátja, a szilikátok mállásával felszabaduló K és kovasav, a légkörből származó ammónia hasonlóképpen vándorol a talajban szénsavas esővízzel képzett oldat formájában. Eszerint a tápelemek kétféle kötésben találhatók. A porózus talajrészecskék felületén egyenletesen kicsapva fizikailag kötötten (adszorbeáltan), valamint a foszforitok, apatitok, földpátok és más közetek szemcséiben egyenlőtlenül elosztva kémiai kötésben. A szilikátokban és Ca-foszfátokban gazdag termőhelyeken a talajrészecskék telítettek K-mal, ammóniával, kovasavval és foszforsavval. Előfordulhat (pl. az orosz feketeföld esetében), hogy az oldott de nem adszorbeált foszforsavas Ca az altalajban konkréciók vagy kristályos formában ismét kiválik és lerakódik. A tápanyagok fizikai kötődése kedvező a növénynek. A gyökerek elosztva és előkészítve találják a szükséges tápanyagokat felvehető, de nem kimosódó formában, csekély erővel megkötve. A kémiai kötésből fokozatosan fizikai kötésbe kerülnek az elemek mállással, a nyers talaj lassan termékenyvé válik a műveléssel. Az élőlő gyomoknak több idő áll rendelkezésre a tápelemek felvételére, így kisebb az igényük és a talajokon elsőként, de legalábbis korábban jelennek meg, mint az egyényári növények.

A talaj termékenysége egyenes arányban áll a fizikailag kötött (felvehető) tápelemek mennyiségével, a kémiai kötésben lévő készlet pedig helyreállítja az egyensúlyt a növényi felvételt követően. A tartós növénytermesztés nyomán a talaj elszegényedik, de ugaron hagyva és szorgalmasan művelve visszanyeri termékenységét. Erre az évezredek tapasztalatán nyugvó jelenségre a kémiai elemzés nem ad magyarázatot. Az okot abban kell keresni, hogy a gabonafélék főleg a szántott réteg fizikailag kötött tápanyagait hasznosítják. Így az is érthetővé válik, hogyan nyeri vissza termékenységét a talaj trágyázás nélkül. A tápanyagok abszolút mennyisége ebben az alakban ugyan csekély, de nagy talajtérfogatot képesek termékenyvé tenni. Amikor a sűrű gyökérszettel rendelkező növény a fizikailag kötött tápanyagmennyiséget kivonta, a kevésbé gazdag talaj igen hamar alkalmatlanná válik a gabonafélék termesztésére.

Az ugarolással termékenyvé tehető talajban kevés ugyan a fizikailag, de elégséges a kémiai kötött tápanyagok készlete. Nem a tápanyagok mennyisége

gyarapszik, hanem felvehetőségük. A folyamat természetéből adódik, hogy ha hiányoznak az elmállásra képes tápanyagdús kőzetek, akkor az ugarolás hatástalan. A bomló szerves anyag előnyös, a trágyázott ugar rövidebb idő alatt nyeri vissza termékenységét. A talaj beárnyékolása megőrzi a nedvességet és így szintén javítja az ugarhatást. A szerves anyagok korhadása gyorsabban lejátszódik a jó szerkezetű meszes talajban, ahol az alkáliák elősegítik az ammónia oxidációját nitráttá. A porózus talaj az ammóniától eltérően nem tartja vissza a nitrátot, mely Ca vagy Mg kationokkal együtt kilúgzódhat. Mindez a mélyen gyökerező növényeknek, mint pl. a here vagy borsó hasznos lehet, de a sekélyen gyökerező gabonáknál már nem előnyös.

Az ugar lerövidíthető, sőt kiküszöbölhető. A talaj foszforsavas sóit nemcsak a szénsavas víz oldja, hanem pl. a konyhasó, a chili-salétrom és az ammóniumsók is, melyek kedvező hatást gyakorolnak a termésre. A NaCl a talajban elbomlik, a Na adszorbeálódik és Ca vagy Mg lép ki az oldatba. A Na kisebb erővel adszorbeálódik, mint a K. Az a talajmennyiség, mely a K-ot megköti, a NaCl 3/4-ét ill. a feloldódott chili-salétrom (NaNO_3) felét az oldatban hagyja. A NaCl vagy NaNO_3 híg sóoldata többször is képes lesz a felvehetetlen foszfátokat feloldani és a talajban szétteríteni mindaddig, amíg az esővíz le nem mossa mélyebb rétegek-be, vagy pedig a számtalan reakció folyamán azok el nem bomlanak. A konyhasó az állat vérének állandó összetevője és kiválasztásában nélkülözhetetlen szerepet játszik. A takarmányul szolgáló gyökérgumósok a konyhasót felhalmozzák és termésüket növeli a talaj mérsékelt sótartalma. A konyhasó és a salétromsavas sók kettős hatásúak. Egyrészt növényi tápanyagok, másrészt közvetetten elősegítik a talajfoszfátok oldódását és felvehetővé válását.

Az ammóniumsók foszfátokat oldó képessége még erősebb. Az ammónium-szulfát kétszer annyi csontlisztet képes mobilizálni, mint a konyhasó. Ennek ellenére a talajfoszfátokra gyakorolt hatásuk nem jelentős, mert a talajban pillanatok alatt megkötődnek. Talajbani mozgásukról nem igazán beszélhetünk, hatásuk csak a legfelsőbb talajrétegben jelentkezik. Feichtinger szerint oldataik sokféle szilikátot, még a földpátokat is elbontják és az utóbbiakból K-ot vesznek fel. A talaj kovasavat megkötő képessége szervesanyag-készletével fordított arányban áll. A humuszban gazdag talaj csak részben adszorbeálja a kovasavat a K-szilikát oldatból. A szerves trágyák korhadásakor keletkező szénsav a szilikát-tok felbomlását meggyorsítja, az oldatba került kovasav jobban elterjed a talajban.

Agyagszegény talajon előnyös a több éven át folytatott gyepgazdálkodás. Meszes földeken a kovasav nem hiányzik, de elterjedése nem egyenletes. Ilyen esetben a felaprított tőzeg éppoly kedvező lehet a gabonatermesre, mint a nagyadagú istállótrágya, melynek bomló szalmája a K-szilikát forrása. Egyaránt hátrányos a kovasav hiánya és túlsúlya. A kovasavban gazdag talaj talán kedvező a zsurló és a nád (*Arundo phragmites*) fejlődésére, de kevésbé alkalmas az igényesebb fűfélék és gabonák termesztésére, bár az utóbbiak is kovasav-igényesek.

Amikor a lápos vagy nedves területekről elvezetjük a vizet, a talajba jutó levegő megindítja a nagy mennyiségű szerves anyag korhadását. Az ilyen talaj gyakran javítható márgával vagy por alakú oltott mésszel. A kovasav-hidrárt kiszáradáskor elveszíti vízőldhatóságát. Az elmocsarasodott szántóföld lecsapolása után az ún. kovasavas növények (nád és zsurló) egyszerűen eltűnnek. A mészhidrárt vagy az oltott mész a savanyú szerves vegyületeket semlegesíti. Ezt követően megváltozik a növényzet, eltűnnek a tőzegmohák (*Sphagnum*) és a sásfélék. A fémek (Cu, Pb, Fe) oxidációja csökken. Ha pl. a vasat hígított Na_2CO_3 oldattal kezeljük, nem rozsdásodik. Ezzel szemben a humusz oxidációja, azaz a korhadás gyorsul. Megnő a kovasav hidrátmegkötő képessége és eltűnik az oldható kovasav. A meszezés hatása tehát sokoldalú e talajra és csökkenti a káros szervesanyag-túlsúlyt.

A korhadó anyagokkal telített talajban a gombák kivételével egyetlen növény sem tud megélni. Úgy tűnik, hogy az intenzív bomlással együttjáró túlságosan bő CO_2 -termelés ártalmas és a gyökerek fejlődését zavarja. Gasparini a Vezuvról származó mosott talajba búzát vetett két edénybe. A kontroll növények egészségesen fejlődtek, míg az elbomló kenyérdarabot tartalmazó talajban a gyökerek elhaltak, vagy az edény fala felé nőttek. A tönköltybúza tehát nem nőne a kenyérrel bőségesen összekevert talajban és a rothadó gyökérzet hasonló negatív hatású. Az el nem bomlott növényi maradványok ugyanazon vagy más növények növekedését károsan befolyásolják (Russell).

A mélyen gyökerező növények (mint pl. a répa, here, baltacim, borsó és bab) különösen nehezen viselik a szerves anyagban túlságosan dús altalajt főként az agyagokon, ahol a szerves anyag lebomlása sokkal lassúbb. A korhadás a sínylődő gyökerekre is áttérjed, melyek a gombaspórák fejlődéséhez alkalmas táptalajt jelentenek. A répa gyökere rovarkártétel áldozatául eshet, a rovarok a gyökérbe helyezik petéiket. A megszárt helyeken szivacszerű dudor keletkezik lágy, kellemetlen szagú anyaggal, mely a kis léglárvák táplálására szolgál. A meszezés ilyenkor is segít, de a mészigény sokkal nagyobb lesz. A meszezés nem azért szükséges, mert a növény Ca-hiányban szenved. Ebben az esetben hatása azonnal, már az első évben jelentkezne, hiszen a Ca mozgékony a talajban. Az egészséges talaj kialakulása azonban több évig tart, mert a Ca nem tápanyagként hat, hanem a talajtulajdonságokat változtatja meg. E változások időigényesek, összetettek.

A lecsapolt mocsaras talajon a Ca a kovasavhidrát főlegét megkötí, tehát az újabb meszezés már nem jár hasonló előnyökkel. Kivételt képezhet a nehéz agyag, mely az ismételt meszezéssel porhanyósabb és felvehető K-ban gazdagabb lesz. Az ásványi tápelemek hozzáférhetősége javítható műveléssel és mindazon akadályok eltávolításával, melyek a gyökerek terjeszkedésének, ill. normális fejlődésének útjában állnak. A talaj ekével, ásóval, kapával, boronával és hengerrel történő művelésének hatása azon a törvényszerűségen alapszik, hogy a növények gyökerei mennek a tápanyagok után, mert a tápanyagok kevésbé mozgékonyak. A gyökér úgy követi a tápanyagokat, mintha szeme volna. Meghajlik és megnyúlik. A gyökérszálak száma, erőssége és növekedésük iránya pontosan megmutatja azokat

a helyeket, ahonnan a gyökerek tápanyagot vettek fel. A répa gyökere pl. átszővi és körbefonja a talajba került csontdarabokat (Russell).

A fiatal gyökér nem úgy hatol át a talajon, mint egy szög, melyet bizonyos erővel a deszkába ütnek. Belülről kifelé rétegenként gyarapodik anyagának tömege. Minél fiatalabbak a képződött sejtek, annál vékonyabb a faluk. Az idősebb sejtek fala megvastagszik és parafára emlékeztető réteg vonja be. Mivel így a vizet nem ereszti át, a gyökérben felhalmozott oldható anyagokat védi az ozmotikus hatásokkal szemben. A talajból történő tápanyagfelvételt a gyökér-csúcs közvetíti, melynek folyékony beltartalmát csak egy végtelenül vékony membrán választja el a talajtól. A szorosabb érintkezést elősegíti a talajrészecskékre gyakorolt nyomás, mely elégséges ahhoz, hogy ezeket félretolja. A levélen keresztüli párolgással létrejött szívóerő a nedves talajrészecskék és a sejtfalak érintkezését szintén fokozza, a sejtek és a talajrészecskék egymásnak nyomódnak. A gyökércsúcs folyékony sejt tartalma, valamint a talajrészecskék fizikailag kötött tápanyagai között erős a kémiai vonzás, mely szénsav és víz közreműködésével az elemek sejtekbe kerülését eredményezi.

Az erős kémiai vonzás olyan kémiai kötés, melyben az eredeti tulajdonságok eltűnnek, ill. újak jelentkeznek. A sejtbe lépés után az elemek megkötődnek beépülve egy vegyületbe, mert a gyökerekben lévő nedv mindig gyengén savanyú. A szőlőtőke gyökereinek nedvéből savanyú borkősavas K-ot, más növények gyökereiből oxálsavas vagy citromsavas K-ot, borkősavas Ca-ot lehet kimutatni. De sohasem képeznek ezek a bázisok karbonátokat vagy foszfátokat. A burgonyagumók friss nedve ammóniával kezelve nem ad Mg-ammónium-foszfát csapadékot, de erjesztése után már képződik csapadék, mert a N-tartalmú anyaga bomlik. A tápanyagok finom eloszlása hatékonyságuk előfeltétele. Egy darab csont a köblábnyi talajban semmi befolyást nem gyakorol annak termékenységre. Ha ugyanez a csontmennyiség a talajrészecskék felületén finoman és egyenletesen elosztva található fizikai kötésben, akkor maximális hatékonyságot tud kifejteni. A talaj mechanikai művelésének eredménye szembetűnő annak ellenére, hogy a talajrészecskék keveredése korántsem tökéletes. Így pl. ásáskor a talajt feltörik, megforgatják és összekeverik. Sokkal termékenyebb lesz ilyenkor mint szántással, amikor feltörik, megforgatják és arrébbtolják, de nem keverik össze. Mindkét művelet hatását fokozza a borona és a henger.

A kémiai anyagok még a művelésnél is erőteljesebb hatást gyakorolhatnak. A chili-salétrom, az ammóniumsók és a konyhasó tápanyagfeltáró erejéről már szólottunk, melyek pótolják az eke mechanikus munkáját, valamint az ugaron tartott talajnál az atmoszféra hatását. Az eke munkája az ételek felaprításához hasonlítható, mely nem a tápelemek készletét növeli, hanem előkészíti azokat az elkövetkezendő termés számára. Hasonlóképpen a konyhasónak, a chili-salétromnak, ammóniumsóknak, humusznak és mésznek a tápanyaghatáson túl az emésztő gyomorhoz hasonló szerep tulajdonítható, mely szerepkörben részint helyettesíthetik egymást. Hasznuk ott jelentkezhet, ahol a tápanyagoknak nem a mennyisége hiányzik, hanem a felvehetősége.

A gazda igazi művészete abban rejlik, hogy helyesen ítélje meg eszközeit a talajtápanyagok hatékonyra tételére, valamint a talajtermékenység tartós megőrzésére. Gondot kell fordítani a talaj fizikai adottságaira, hogy a gyökerek terjedését semmi se gátolja. A túl kötött talajban a vékony gyökerű növények még akkor is tökéletlenül fejlődnek, ha az tápanyagokban gazdag. A zöldtrágyázás ill. a friss istállótrágyázás kedvező következménye ismert, a talaj kedvezőtlen fizikai adottságait hatékonyabban javítják, mint a gyakori szántás. A homok viszont ezzel a beavatkozással kötöttebbé válik. A zöldtrágynövény minden egyes szálacs-kája vagy levélkéje (miközben elkorhad) kaput nyit a gabonafélék finom gyökereinek sokirányú terjedéséhez és ezzel a tápanyagszerzéshez. Itt is szem előtt kell tartanunk, hogy csak az optimális mennyiség alkalmazása eredményezi a kívánt hatást. Némely talajon elégséges, ha a jó zöldtakarmány termés után a gyökérmaradványokat beszántjuk. A csillagfürtöt betakarítva éppen olyan jó gabona-termést adhat egy tábla mint az, amelyen a növényeket beszántottuk.

A tápanyagszegény jól művelt talaj jobb terméseket hozhat, mint rosszabb fizikai adottságú tápanyagokban gazdagabb. A jól művelt kapás után a talaj kedvező a kalászosok számára. Úgyszintén javulhat az őszi gabona esélye, ha a megelőző zöldtakarmány termése gazdag volt, ill. sok gyökérmaradványt hagyott maga után a talajban. A here vagy a répa hosszú és erős gyökerekkel az altalajt (amit az eke már nem ér el) fellazítja és bizonyos mértékig megdolgozza a búzagyökerek számára. Ilyenkor a talajjavító hatás jelentősebb lehet, mint az a negatívum, amit a répa- ill. heretermés tápanyagkivonása okoz. A talaj fokozott mértékű megmunkálása, sőt elporítása azonban nem elégséges a jó termések eléréséhez. A fizikai adottságok megtartásán túl a trágyázás, a talajerő megtartása is szükséges.

Pangó víz miatt művelésre korábban alkalmatlan területek drénezéssel emberi és állati táplálék előállítására alkalmassá váltak. A talaj porozítását helyreállító drénezés lehetővé teszi a levegő bejutását a mélyebb rétegekbe, így előnyös hatása nemcsak a szántott rétegben érvényesülhet. Télen 3-4 láb mélységben a talaj melegebb, a dréncsövekből felfelé mozgó levegő a szántott réteg hőmérsékletét emeli és szén-savban is gazdagabb. A drénezés is bizonyíthatja, hogy a növények tápanyagaikat nem a talajban áramló vízből veszik fel. Ezt alátámasztja a kút-, drén- és forrásvizek vizsgálata is. A drénvizek mindazokat az anyagokat tartalmazzák, melyeket az esővíz a szántott rétegen való átszivárgás közben kiold. A csekély mennyiségben található sók között a K csak nyomokban van jelen és általában hiányzik az ammónia, valamint a foszforsav is. Thomas Way négy mintában még akkor sem tudott K-ot kimutatni, ha 10 fontnyit elemezett meg. További három esetben 7 millió font vízben 6-12 font foszforsavat és 1-2 font ammóniát talált. Krockner 6 drénvíz mintából nem tudott sem fosz-forsavat, sem ammóniát kimutatni, míg négy vízminta 1 milliónyi részében kevesebb mint 2, további két mintában 4 ill. 6 rész K-ot mért.

Fraas megvizsgálta a szántott rétegből 6 nyári hónap alatt esővel kimosott anyagokat. Külön erre a célra szerkesztett föld alatti liziméterekben felfogták azt a vízmennyiséget, mely a négyzetláb felületű és 6 col vastagságú talajrétegen 04. 06. és 10. 07. között átszivárgott. Ez idő alatt (10. 01-ig) a közeli csillagvizsgálóban 481 mm esőt regisztráltak. A liziméterek négyszögletes felül nyitott, alul szitafenékkal zárt szekrényből álltak. A szekrényt talajjal töltötték meg és a talajszint mélységéig beásták. A 4 lizimétert bogenhauseni agyagos altaljjal töltötték meg. Kettőben (III. és IV.) a talajt 2 font marhatrágyával trágyázták, a másik kettő trágyázatlan maradt. A II. és IV. lizimétert árpával vetették be. Egy m² területre számítva az alábbi vízmennyiség szivárgott át a talajon, melynek oldott anyag tartalmát Zöller pontosan megállapította. A foszforsavat és az ammóniát nem lehetett a vízben meghatározni.

Átszivárgott víz és a kimosott kálium mennyisége	I. Trágyázatlan Növény nélkül	II. Trágyázatlan Árpával bevetve	III. Trágyázott Növény nélkül	IV. Trágyázott Árpával bevetve
Víz, mm	218	213	304	144
K-oxid, g	0.52	0.43	1.26	0.55
K-oxid, kg/ha	5.16	4.34	12.65	5.52

Az I. és II. liziméterben közeli az átáramlott víz mennyisége, így adataik összevethetők. Megállapítható, hogy a talajra hullott esőnek kevesebb mint fele jutott le 6 col mélységbe. Az átszivárgó vízben trágyázatlan talajon kerekén 2, a trágyázotton 4-5 ppm K-oxid oldódott ki. Az eredmények jól egyeznek Krocker adataival. A trágyázatlan árpa (II. liziméter) 137 g szemet és 148 g szalmát termett 2.5 és 5 % hamuanyaggal. A szemben 0.8, a szalmában 1.4, azaz összesen 2.2 g K-oxidot találtak, míg a kimosott mennyiség 0.4 g volt. A növény nélküli I. liziméterben a kilúgzás nagyobb. Amennyiben a különbség oka a növényi felvétel, a felvett K mintegy 96 %-a a talajból és 4 %-a a vízből adódott. Tehát a talajból 27-szer annyi K-ot vettek fel a növények, mint a vízből. A III. liziméter trágyázott talajából 12.65 kg/ha K-oxid kilúgzás becsülhető. Hasonlítsuk össze ezzel a burgonya vagy répa K-igényét. A közepes gumótermésben 204 kg hamu található 100 kg K-oxiddal, míg a répában 572 kg hamu és 248 kg K-oxid. A kilúgzott K tehát a burgonyagumó 1/8, ill. a betakarított répa 1/20 részének igényét fedezte volna. A talajon átszivárgó víz kis része kerülhet érintkezésbe a növényi gyökerekkel, oldott anyagainak ezért csekély szerepe van a növények táplálásában.

Az ammónia és a foszforsav hiányzik az oldatból, ezek az anyagok nem mozgékonyak a talajban. A tápelemfelvétel nedvességet igényel, de nem fontos, hogy ez áramló víz legyen. A talajt elárasztó pangó víz persze káros és a drénezés kedvező hatása éppen e vízbőség felszámolásán alapszik. Az ideális porózus talajt a kapilláris csövek rendszerének tekintjük, ahol a szűk kapillárisok vízzel, a tágak

pedig levegővel telítettek. A levegő valamennyi kapillárisba bejuthat. Ezzel a nedves, az atmoszféra számára átjárható talajjal állnak szoros kapcsolatban a tápanyagot felvevő gyökérszőrők. Úgy képzelhetjük el, hogy a gyökérszőrők külső felülete a kapilláris egyik oldalfalát, a porózus talajrészecskék pedig a másik falát alkotják. A kapillárist igen vékony víréteg tölti ki, mely a talaj és a növény gyökere közötti kapcsolatot biztosítja. Ez a szilárd és a gázalakú tápanyagok felvételére is alkalmas. Ha száraz napon a laza talajból óvatosan kihúzzunk egy szál búzát vagy árpat akkor látható, hogy minden gyökérszörhöz nadrágként tapad a talajrészecskékből álló henger, amelyből a tápelemfelvétel történik. A felvételt a vékony víréteg közvetíti, mely csak annyiban mozog, amilyen mértékben a gyökér vonzást gyakorol rá.

A forrásvíz, a patakok és folyók vizének minden cseppje közetekkel, erdei vagy szántóföldi talajjal érintkezik, mégis mily csekély a kioldott P, K vagy ammónia mennyisége. Graham, Miller és Hofmann 6 különböző forrásvíz vizsgálatokor nem tudott kimutatni ammóniát és foszforsavat. A Whitley által elemzett 37 ezer gallonban (= 370 ezer angol font) 1 font K-oxid volt, azaz 1 kg 135 köbméterben. Ugyanennyit mutattak ki a Crushmere-forrás 38 ezer, a Vellwool-forrás 320 ezer, a Hindhead-forrás 145 ezer, a Hasford-malompaták vizének 55 ezer és a Cosfordhouse-forrás vizének 17.7 ezer gallonjában. A München melletti Brunthal-forrás vize (a város nagy részében ivóvízként használják) sem ammóniát, sem foszforsavat nem tartalmaz és 87 ezer font ad 1 font K-oxidot. Ezekből az adatokból még nem következik, hogy a vizsgált elemek valamennyi forrás, patak vagy folyó vizéből hiányoznak. Sőt, éppen ellenkezőleg. A Müncheneri Botanikus kert mesterséges tavának vizéből 0.425 g/liter üledék maradt vissza. Az üledék összetétele az alábbi volt (%): CaO 35.0, MgO 12.3, NaCl 10.1, K₂O 4.0, Na₂O 0.5, Fe- és Al-oxidok 0.7, P₂O₅ 2.6, kénsav 8.3, kvasav 3.2. Az összes hamu 76.7 %-ot, a víz + veszteség pedig 23.3 %-ot tett ki.

Az ilyen víz K, P, Fe, kénsav készlete abból ered, hogy a mocsárban lassanként felgyűlnek az elhaló növényi maradványok, szerves anyagaik a mocsár fenekén elégnak, míg hamualkotórészeik a szénsav vagy más szerves savak hatására a vízben feloldódnak. Az oldattal érintkezésben lévő iszap telítetté válik és az oldat hamualkotó sókban feldúsul. Scherer a Brückenau melletti három forrás vizében megtalálta mindazon anyagokat, melyek az említett mocsárvízben is voltak. Ezen felül még ecetsavat, hangyasavat, vajsavat és propionsavat is ki tudott mutatni. A Brückenaui körülvő hegység tarka homokkőből áll. A dús, szinte őserdei vegetáció nem egy ezeréves fát is magában foglal, tölgy- és bükk-erdőkkel. Érthetően Scherer a forrásvíz adottságait azzal indokolja, hogy az atmoszférából származó csapadék a korhadó növényi maradványokban gazdag talajt kilúgozza. (Annal. der Chemie und Pharm. IC, 285.).

A mocsár-, forrás- vagy patakvíz a legkülönbözőbb arányokban tartalmazhat tehát a növények számára hasznos tápanyagokat. A növényi maradványokban gazdag talajban savanyú kémhatású anyagok jönnek létre. Az átszivárgó esővíz foszforsavat és alkálisókat tud felvenni, melyek a talaj mélyebb rétegeibe lejutnak

és a drénvízben megjelennek. Zöller és Fesca a Göttingeni Egyetem agrokémiai laboratóriumában mindezt igazolta. A Weend-i Kísérleti Kert szerves és ásványi anyagokban gazdag 7 fontnyi meszes talaján folyamatos vízáramot vezetett. A vízzel túltelített kb. 0.5 m vastag talajrétegen 24 óra alatt 1 liter víz csöpögött át. A vizsgálatot 1872. 07. 1. és 08. 15. között végezték. Kezdetben a szűrlet világos-sárga volt, majd barna színű lett és erősen savanyú kémhatást mutatott. A kísérlet vége felé a szűrlet majdnem színtelen lett és savanyú kémhatása teljesen megszűnt. Dr. Fesca ugyanezen talajon 07. 01. és 08. 15. között dohánynövényt nevelt.

A kerti föld gazdag növényi tápanyagokban. Nyilvánvaló, hogy a vizes kivonat összetétele nem tükrözheti az átlagos talajoldat minőségét. A vízben oldott anyagok mennyisége a talaj adottságaitól függ. A talajon termett növények korhadó maradványaiból felszabaduló hamualkotó elemeket az esővíz magával viszi. A sziklás, vékony talajréteg kevés tápanyagot tud visszatartani, az erős esőzések következtében az ilyen talajok finom részecskéi feliszapolódnak és a lefolyó vízzel a mélyebben fekvő völgyekbe jutnak a legtermékenyebb talajokat létrehozva. A hordalékiszapból képződő talajok növényi tápanyagokkal telítődnek. Ezzel magyarázható talán a réti öntözővizek eltérő hatása. A dús növényzettel borított magaslatookról vagy a mocsarokból származó vizek trágyaanyagokat szállítanak a mélyen fekvő rétegre, míg a kopár hegyekből lefolyók nem táplálják a gypet.

Sok helyen a lápi földet, valamint a tavak, állóvizek és mocsarak iszapját talajjavító szerként nagyra becsülik. Hatékonyságukat ugyanezen tápelemtelítettség adja. Hasonlóképpen némely erdőirtás talaja termékeny a 40, 80 vagy még több éven keresztül lehulló lomb és más növényi maradványok elkorhadása következtében. Az ásványi tápelemek nagy mélységből származnak és a porózus talaj felső rétegében akkumulálódnak. Az avar elszállítása nemcsak azért káros az erdőre, mert tápelemekben szegényíti. A lehullott levelek és a letörött ágak kevés növényi tápanyagot tartalmaznak, különösen kevés K-ot és P-t. Ez a kis mennyiség sem érné el a talaj mélyebb rétegeit, ahol a gyökerek felvehetnék. A növényi maradványok inkább a szén-sav (és más anyagok) forrását jelentik, melyet az esővíz levisz a mélybe és ezzel a mállást gyorsítja. A sűrű erdőben a levegő kevésbé cserélődik, így a szén-sav pótlásának ez a módja hatékony. Végül a sűrű növényállomány védi a talajt a kiszáradástól is, mely különösen hasznos a lomboserdőben, mivel több vizet párologtat, mint a tûlevelű.

A gyökerek abból a vékony vízrétegből táplálkoznak, melyet kapilláris erők tartanak fenn. A talajrészecskék külső felületén finom eloszlásban lévő tápanyagok közvetlen érintkezésben állnak a porózus sejtfalakon belüli folyadékkal. A pórusokon keresztül az oldatok mozgása és a tápanyagok átadása közvetlenül megy végbe. Töltsünk meg egy főzőpoharat pár csepp sósavval megsavanyított vízzel és zárjuk le hólyaghártyával. A hártya és a víz között ne legyen levegő-buborék, a víz a hártyát nedvesítse. A hártya külső felületét viszont töröljük szárazra. Bizonyítható, hogy szilárd anyag is képes a hártyán keresztül vízbe jutni anélkül, hogy kívülről bármely más folyadékot öntenénk rá. Ha a hártya külső

száraz felületére kevés krétát vagy elporított Ca-foszfátot helyezünk, néhány óra alatt eltűnnek onnan és a pohár folyadékában mutathatók ki. A szilárd CaCO_3 vagy Ca-foszfát hártyán való áthatolása látszólagos. Mindkét anyag a membrán pórusaiban, ahol a savanyított vízzel érintkezésbe jut, feloldódik. Víz a hártyán keresztül párolog, belső nyomása valamivel kisebb lesz. A hártyán lévő sóoldat és a pohárban lévő víz között koncentráció- és anyag-kiegyenlítődés megy végbe a diffúzió nyomán. Ily módon egyszerűen magyarázható a sók membránon történő áthatolása.

A vízbőség, az álló vagy pangó víz nem segíti a tápelemek felvételét, hanem árt felvehetőségüknek. Ha a növények tápanyagaikat a talajban mozgó oldatból nyernék, akkor az összes drénavíz, forrás-, folyó- és patakvíz dús lenne ásványi sókban és gyorsan kimosódnának. Ezzel szemben évezredek óta ki vannak téve az esővíz kilúgzó erejének anélkül, hogy terméketlenné válnának. Sőt, a Föld valamennyi vidékén a művelésbe vont földek szántott rétege tápanyagban gazdagabb és termékenyebb, mint az altalaj. A talaj termékenysége nem csökken azáltal, hogy növények teremnek rajta. Csak akkor fogyhat el fokozatosan, ha a termelt növényeket elszállítják. A fentieknek nem mond ellent Knop, Sachs, Stohmann, Nobbe és számos más kutató által végzett tápoldatos kísérlet, melyek során a növényeket talaj nélkül sikerült egészen virágzásig, sőt terméshezatalig felnevelni. Ezek a kísérletek azt bizonyítják, hogy a talaj milyen csodálatos módon felel meg a növény igényeinek és milyen sok emberi értelem, tudás, valamint rendkívüli gondosság szükséges ahhoz, hogy a természetestől oly nagymértékben eltérő körülmények között a szántóföldi talaj tulajdonságait helyettesíteni lehessen.

Ha valóban a növények természetének és a gyökerek funkciójának felel meg, hogy a tápanyagokat kívülről oldott állapotban kapják, akkor a valamennyi tápanyagot bőségesen és legmozgékonyabb formában tartalmazó oldatban a növényeknek bujábban kellene nőniük, hiszen kevesebb tényező akadályozza tápanyagfelvételüket. A termékeny talajon fejlődő rozs ezzel szemben gyakran 30-40 gabonaszárból álló bokorra fejlődik és a száruk mindegyikén kalászt hoz. Így ezerszeres vagy még ennél is többszörös szemtermést képes teremni akkor, amikor a talajvízben oldott tápanyagok mennyisége igen csekély. Az ásványi elemeket vizes oldatban tartalmazó közegen a növény hozama összehasonlíthatatlanul elmarad ettől. A vízben nőtt növény egész fejlődésének folyamata bizonyíték arra, hogy növekedésének feltételei a talajban egészen más természetűek.

A talajban mozgó víz főként NaCl-ot, Ca-ot és Mg-ot tartalmaz felvehető mennyiségben, míg a K, P és ammóniasók nem oldódnak olyan mértékben, hogy a növényi szükségletet kielégítsék. Ha pl. a mocsár vizében a békalencse hamu-elemeit megtaláljuk, akkor nem lehet kétségünk afelől, hogy oldott állapotban történik a felvételük. Ilyen esetben csak az szorul magyarázatra, hogy miért jutottak be eltérő arányban a növénybe. Amikor az átszivárgó vízben több a K mint a répatermésben, akkor a répa (a békalencséhez hasonlóan) feltehetően az oldatból vette fel az igényelt K-ot. Ha viszont a talajvíz K-készlete a répa

igényének csupán felét fedezi vizsgálnunk kell, hogy a hiányt a növény milyen módon pótolta.

Az elemzések szerint a talajvíz a répa K-igényének esetenként 1/4-ét, 1/8-át, 1/20-át vagy 1/50-ét tartalmazza. Ugyanakkor a jól fejlődő répa K-készlete mindig egyforma függetlenül attól, hogy a talajban mozgó vízben mennyi van. A víz oldóképessége nem bír jelentőséggel, mert a szükséges K a gyökerek aktív közreműködésével válik oldhatóvá, ill. kerül a növénybe. Mindez a többi tápelemre is igaz. Így pl. a felvett kovasav akár 100-szorosa lehet az esővízzel kioldottnak. Fontos, hogy a tápanyagok olyan formában legyenek, melyek a gyökér számára felvehetővé válnak. Nägeli és Zöller a müncheni Botanikus Kertben végzett növénykísérletükkel bizonyították a talajvizek vizsgálatából le-vont következtetések helyességét. A magvakat olyan közegbe ültették, mely a tápanyagokat oldhatatlan állapotban tartalmazta.

Nem könnyű olyan anyagot találni, mely a termékeny talajt helyettesíthetné. Boussingault és mások mesterséges (de minden tápanyaggal bőségesen ellátott) közegben neveltek növényeket, melyeket távolról sem lehetett a termékeny talajban termesztettekkel összehasonlítani. Az elporított szén vagy horzsakő képes a tápanyagokat fizikailag megkötni, de a talajtól eltérően nem puha, simulékony és összenyomható. E tulajdonságok a gyökér és a talajrészek szoros érintkezését segítik elő. E célra leginkább alkalmas a durván porított tőzeg, mely nedves állapotban részben felveszi az agyag képlékenységet és a talajhoz hasonlóan megköti a tápelemeket az oldatokból. Nägeli és Zöller ezért aprított tőzeget használtak kísérleteikben. A tápanyagok hordozójaként szolgáló közeg adszorpciós képességét külön-külön meghatározták az egyes elemekre.

Az egy liter tőzeg súlya 324 g volt. Amikor K-, Na- és ammónium-karbonát, valamint savanyú Ca-foszfát oldatokkal néhány órán át kezelték, a tőzeg 1.45 g K-oxidot, 1.23 g ammóniát, 0.20 g Na-oxidot és 0.89 g Ca-foszfátot (0.41 g P_2O_5) adszorbeált. Ez még nem a teljesen telített tőzeg. Ha a tőzegporhoz az oldatokból nagyobb mennyiségeket adunk, akkor a folyadék lúgos kémhatást mutat, mely egy vagy több nap után eltűnik és csak 8 nap után válik állandóvá. Ekkor 1 liter tőzeg (telített) 7.892 g K-oxidot és 4.169 g ammóniát vesz fel. A néhány órás adszorpcióval kapott nyers tőzeg tehát csak a K 1/5-ét és a ammónia 1/3-át tartalmazza. A kétféle tőzegpor (telített és nyers) segítségével három keveréket állítottak elő: 1 térfogat telített, 1 térfogat telített + 1 térfogat nyers, 1 térfogat telített + 3 térfogat nyers tőzegpor keveréket. A harmadik keverék tehát az első tápanyagtartalmának negyedét, a második pedig a felét tartalmazta. A nyers tőzegben 2.5 % N és 4.4 % hamu volt. A hamuban 0.155 g K_2O -ot és 0.0576 g P_2O_5 -t (továbbá meszet, vas-oxidot, kovasavat, magnéziumot, kénsavat és nátriumot) lehetett kimutatni. A 2.6 kg körüli tömeget képviselő keverékeket 8.5 literes tenyészedényekbe töltötték. Az 1. edény kontrollként nyers tőzegport tartalmazott, melynek tápelemkészletét és a többi edény hozzáadott többleteit az alábbiakban közöljük (g):

Elem neve, jele	1. edény nyers tözeg	2. edény 1/4 telített tözeg	3. edény 1/2 telített tözeg	4. edény telített tözeg
N	71.00	2.60	4.32	8.65
K ₂ O	3.18	3.08	6.15	12.30
P ₂ O ₅	1.59	0.83	1.75	3.49

Az 1. edény adatai tehát a nyers tözeg N, P, K készletére vonatkoznak, míg a többi edénynél a hozzáadott tápelemek mennyiségei szerepelnek. Edényenként 5 törpebabot ültettek, melyeket előzőleg lemértek és tiszta vízben csíráztattak. A három trágyázott tözegben a növények egyenletesen és feltűnően buján fejlődtek. Az 1/4 és 1/2 tápanyagtelítettség kezdetben szebb növényeket eredményezett, de a telített tözeges kezelés hamarosan behozta ezt a fejlődési különbséget. A tápláltság hatása a vegetációs idő tekintetében is figyelemre méltó. A tiszta tözegben minden növényen termett egy kis hüvely és az 5 hüvely összesen 14 szemet tartalmazott. A szemek érése közben a levelek felfelé haladva elhaltak és lehullottak még a hüvelyek sárgulása előtt. A telített tözegben a növények sokáig zöldek maradtak és a szemek érése későn kezdődött. Az utolsó hüvelyt 07. 29-én szedték le, míg a nyers tözegben 07. 16-án. A következő áttekintés a négy tenyészedeny termését mutatja:

Termett és vetett szemek száma/súlya	1. edény nyers tözeg	2. edény 1/4 telített tözeg	3. edény 1/2 telített tözeg	4. edény telített tözeg
Termett szem, db	14	79	80	103
Vetett szem, db	5	5	5	5
Termett szem, g	8	57	74	105
Vetett szem, g	4	4	4	4
Terméstöbblet, g	4	53	70	101

Terméstöbblet = termett szemsúly - a vetett szemsúly

Feltűnő a termett szemek számában és súlyában jelentkező nagy különbség az egyes edények között. A tápanyagokban gazdagabb talajon nemcsak több, hanem nagyobb és súlyosabb szem termett. A szemek átlagos súlya mg-ban a következőképpen alakult:

Átlagos szemsúly	1. edény	2. edény	3. edény	4. edény
Egy elvetett szem	793	776	817	813

Egy termett szem	564	718	917	1019
------------------	-----	-----	-----	------

Szoros kapcsolat van a tápanyagok formája és eloszlása, valamint a növények termőképessége között. Az 1/4 részben telített tőzeg a kontrollhoz viszonyítva 1/3-dal (0.83 g) több P_2O_5 -t és kétszer annyi K_2O -ot tartalmazott, de a N csak 1/27 résszel nőtt. A szemtermés azonban nem 1/3-dal nőtt a hozzáadott P-nak megfelelően, hanem több mint 13-szorosával. A kismértékű trágyázás eredményeképpen a 2. edény szemképzéséhez 13-szor, az egész növény fejlődéséhez talán 30-szor annyi tápanyagot adott le. Nyilvánvalóan a nyers tőzeg hamualkotói jórészt nem felvehetőek. Durva hasonlattal élve a tápelemek belsejében vannak elzárva és nem érintkezhetnek a gyökerekkel, míg a telített tőzegben a külső felületen hozzáférhetőek. A szemtermés nem állt arányban a talajok tápanyagtartalmával. A tápanyagokban szegényebb keveréken sokkal több szem termett, mint amit el lehetett volna várni. Az arányok a következőképpen alakultak:

Adott trágya, ill. a kapott termés	2. edény 1/4 telített tőzeg	3. edény 1/2 telített tőzeg	4. edény 1/1 telített tőzeg
Trágyázás	1	2	4
Termés	2	2.8	4

Az 1/4 részben telített tőzeg tehát kétszer akkora termést hozott, mint ami a trágyázás szerint elvárható lett volna. Eszerint a gyökérfelület kétszer annyi tőzeგრэscскével érintkezett. Súly szerint minden cm^3 -ében csak 1/4 annyi a tápanyag, mint a teljesen telítettben. De miután 1 tf-nyi telített tőzeget 3 tf-nyi telítetlennel elegyítettek, így sokkal jobban eloszlott az egész nyers keverékben és a térfogata ill. a hatékony felülete nagyobb lett. A 3 tf-nyi durva aprítású tőzeg-port 1 tf-nyi telítettel úgy bevonhatunk, hogy szemcséit a telített veszi körül. A bab olyan buján nőhet így, mintha a tőzeg tápanyagokkal teljesen telítve lenne.

A szegényebb talajon kapott magasabb termés bizonyítja, hogy csak a tápanyagokat tartalmazó talajfelület hatékony. A talaj termőképessége nem áll arányban azzal a tápanyagtökével, amit a kémiai analízissel ki lehet mutatni. Végül ezek a tények azt is bizonyítják, hogy nem a víz oldóképessége révén jut a tápanyag a növények gyökereihez. A tápanyagokkal telített talaj vízzel szembeni viselkedését ismerjük. Ha a víz a telített talajból a tápelemek felét már kioldotta, akkor az ismételt kioldás a félig telített talajból nem fog ugyanannyi tápanyagot kilúgozni. A visszamaradt adszorbeált tápanyagokat a talaj annál erősebben köti meg, minél inkább elszegényedik. A 1/2 telített tőzegben erősebb a visszatartás, mint a telítettben, az 1/4 telített megkötő ereje pedig sokkal nagyobb, mint a félig telítetté. A gyökerek több tápanyagot vettek fel, mint amennyit a víz a legkedvezőbb esetben oda tudott volna szállítani. Ezek a kísérletek bizonyították először és direkt módon, hogy a növények képesek tápelemeiket olyan fizikai

kötésből is felvenni, melyben a vízőldhatóságukat elvesztették. Ez a helyzet a talajban is azzal az eltéréssel, hogy a talajrészecskék nem pusztán hordozói, hanem forrásai is a tápanyagoknak. A felaprított tőzegeből másodsorra nem fog úgy teremni, hacsak a kivont tápanyagokat nem pótoljuk. Stohmann későbbi kísérleteiben szintén olyan talajokban nőttek a növények, melyek a tápanyagokat adszorbeált állapotban tartották. A Nägeli-Zöller és a Stohmann féle kísérletek eltérő terméseredményeit azzal lehet magyarázni, hogy a talajok tápanyagkész-lete is eltérő volt. A mechanikai művelés kedvező hatása éppen azon alapszik, hogy a talaj tápanyagai a vízzel együtt nem mozognak. Felvétel a gyökerekkel érintkezésben álló talajból és a gyökér körüli oldatból történik. A gyökér hatókörén túli elem mobilis lehet potenciálisan, de nem hasznosulhat a felvétel során.

A törvények nem önmagukban léteznek a természetben, hanem egymással összefüggnek és alá vannak rendelve felsőbb és még felsőbb törvényeknek. A szerves élet a Föld kérgének külső, Nap felé forduló részében fejlődik ki. A földkéreg eme törmeléke (a talaj) az élet előfeltételét képező tápelemeket megköti és felhalmozza. Az állatoktól eltérően a növény nem rendelkezik olyan szervekkel, amelyek a tápanyagokat feloldanák és felvételre alkalmassá tennék. A táplálék előkészítése a talajban történik, amely olyan funkciót tölt be, mint az állatoknál a gyomor és az emésztőrendszer. A növényeket hordozó talaj óriási víztisztító berendezés az emberek és állatok hasznára. Az állatok egészsége szempontjából káros anyagokat, az elpusztult növényi és állati maradványokat feldolgozza, az ásványi elemeket ugyanabban a formában a növénynek visszaadja.

Vajon mekkora tápelemkészletre van szükségünk a talajban? Amennyiben a termőképesség a fizikailag kötött elemek mennyiségétől függ, a kérdésre megbízható választ nem adhatunk. A kémiai analízis ugyanis a kémiailag kötött anyagokat a fizikailag kötöttektől nem tudja élesen megkülönböztetni. Azonos termőképességű, de különböző tulajdonságú talajokat összevetve látható, hogy kémiai összetételük is eltérő. Előfordulhat azonban, hogy a termékenyebb talajban 80-90 % a kő és a murva. Elvileg elképzelhető az, hogy a termékeny talajt a térfogatának felét kitevő homokkal keverjük össze és a termések nem csökkennek. Sőt még nőnek is annak ellenére, hogy összességében kevesebb tápanyag lesz benne. A homok hozzáadása következtében ugyanis a talaj felülete megnő, ami a tápanyagok leadása szempontjából a legfontosabb.

A jól termő rozstalaj gyakran nem ad kifizetődő búzatermést annak ellenére, hogy mindkét növény ugyanazokat az alkotórészeket vonja ki. Nyilvánvalóan a búza gyökerei nem képesek elegendő tápanyagot felvenni ott, ahol a rozsnak az ellátás megfelelő. A kémiai elemzések viszont azt mutatják, hogy az ilyen "rozstalaj" 3-10 colnyi mélységben 50-szer, sőt talán 100-szor több tápanyagot tartalmaz, mint amit a jó búzatermés igényel. A közepes búzatermés (2000 kg szem + 5000 kg szalma), ill. a rozstermés (1600 kg szem + 3800 kg szalma) felvétele nem tér el lényegesen és az alábbi mennyiségeket jelentheti kg/ha-ban:

Tápelem	Búza	Rozs
Foszforsav	25-26	17-18
Kálium-oxid	52	39-40
Kovasav	160	100-110

Megfelelő ismeretek híján korábban érthetetlen volt, hogy pár fontnyi különbség az egyes növények tápanyagszükségletében hogyan eredményezhet ilyen jelentős eltérést a szántóföld minőségében. A rozstalaj összes készletéhez viszonyítva a búza többlet elemeigénye jelentéktelen. A jelenség magyarázata, hogy a gabonafélék mozgékonyabb frakciót igényelnek, így felléphet a valódi tápanyaghiány. Az eső nem képes a tápanyagszegény helyeket ismét feltölteni és a búza csekély többletigényét víz útján pótolni. A rozs és a búza gyökerei csak a talajtérfogot egy részével érintkeznek. Amennyiben meg tudnánk határozni a táplálékot felvevő gyökérfelület nagyságát, akkor a hasznosított talajtérfogot is ismertté válna. A gyökérszálakat talajhenger veszi körül, melynek belső falát a lefelé hatoló gyökércsúcs sejtjei szinte lemarják. A gyökérszálak átmérőjét és hosszát azonban egyetlen növénynél sem ismerjük, ezért becslésekre kell hagyatkoznunk.

Tegyük fel, hogy az 1 liter talaj átlagosan 1200 g súlyú és a gabona gyökereinek legnagyobb része nem hatol mélyebbre, mint 25 cm (10 col). A felvehető tápelemkészletnek ebben az esetben 2.5 liter vagy 3 kg talajban kell jelen lennie. A korábban közölt felvett mennyiségeket, valamint a talaj 100-szoros készletét alapul véve ez azt jelenti, hogy a rozstalajban 0.056 % P_2O_5 , 0.13 % K_2O és 0.34 % kovasav; míg a búzatalajban 0.085 % P_2O_5 , 0.175 % K_2O és 0.511 % kovasav található. Az 1 ha rozstalajnak tehát 1700 kg P_2O_5 , 3900 kg K_2O és 10200 kg kovasavat kell tartalmaznia. Az adatok hipotetikus elemeket is tartalmaznak, amit nem szabad figyelmen kívül hagyni. Az, hogy a rozstalaj 10 col mély rétegében pl. 0.056 % P_2O_5 van fizikailag kötött állapotban (ami százszorosa a felvett mennyiségnek), teljesen hipotetikus. Meddig fogadhatjuk el valósnak a becsült adatokat?

A 24 órás, hideg sósavval történt kezeléssel a talaj tápelemeinek egy része oldódik. A hosszabb idejű sósavas forralás jóval többet old fel, míg a szilikátokat előzetesen feltárva meleg sósavas kezeléssel a talaj összes K és Si készletét megkaphatjuk. A hideg sósavval kivont, feltehetően a leggyengébben visszatartott tápelem formáját tekintve a legközelebb áll az adszorpcióval fizikailag kötött tápanyagokhoz. Mindenesetre olyan közel, hogy mállással ebbe a kötési formába juthat. Ilyen híg sósavas kezelést végzett Zöller két agyagtalajjal, mely a következő eredményeket adta (%):

Talaj származása	Foszforsav	Kálium-oxid	Kovasav
------------------	------------	-------------	---------

Weihenstephan*	0.219	0.249	0.596
Bogenhausen	0.129	0.093	0.674

* Kiváló búzatalaj

Az adatok szerint a felvehető készlet Weihenstephan talajában majdnem 400-szoros P, 200-szoros K és 170-szeres kovasav igényét fedezi a rozstermésnek, valamint 257-szeres P, 144-szeres K és 117-szeres kovasav igényét a búzatermésnek. Más vegyészek adatai szerint inkább alábecsülték itt a jó búza- vagy rozstalaj tápelemkészletét. A mezőgazdaság jövője igen szomorú lenne, ha a talaj nem volna sokkal gazdagabb tápanyagokban, mint ahogy azt hipotetikusán feltételeztük. Talán itt kell hangsúlyoznunk a talaj termékenysége és termőképessége közötti különbséget. Nägeli és Zöller már ismertett kísérletei szerint a felapri-tott tőzeget termékeny talajjá lehet átalakítani. A felvett tápanyagok 12-14-szeres pótlása elegendő volt a nagy szemtermés eléréséhez, a porózus, tápanyagokkal telített tőzeg hatalmas gyökérfejlődést tett lehetővé. A tőzeg termőképessége azonban tartamhatásában csekély és néhány termés betakarítása után termékenységet elveszti.

Búza földjeink nagy tápanyagkészlete a tartós termések feltételét jelenti. Egyetlen nagy terméshez ez a készlet nem szükséges. A jó rozstalaj készletének 1 %-át leadja évente a rozsnak. Közepes búzatermést is hozhatna, amennyiben a búza képes volna a tápanyagok 1.5 %-át felvenni. Gyökérfelülete azonban nem képes 50 %-kal meghaladni a rozs gyökérfelületét. A felerészben rozssal, felerészben pedig búzával bevetett rozstalaj terméseiből a két növény gyökérfelületére lehetne következtetni. Ha a búza annyi P-t és K-ot vesz fel, mint a rozs a szántó másik feléről (azaz 17 kg foszforsavat és 39 kg K-oxidot) akkor a búza gyökerei ugyanakkora talajfelülettel érintkeztek. Amennyiben a búzatermés több vagy kevesebb tápelemet tartalmaz, akkor a búza gyökerei nagyobb vagy kisebb mértékben ágaztak el a rozshoz képest. Az ilyen kísérleteknek főként élettani (elvi) jelentősége lehet, eredményei pedig viszonylagosak. A növény tápanyagfel-vevő képessége, valamint a felvétel időtartama eltéréseket hoznak létre. A rövi-debb tenézsídejű fajtáknak azonos gyökéraktivitás esetén több tápanyagra lesz szükségük.

A korábbi becslésnél feltettük, hogy a rozs és a búza gyökerei egyformák és a rozstalaj a tápanyagok 1 %-át adja le évente. A valóságban ilyen talaj biztosan nem létezik. Ha lenne ilyen talajunk és feltennénk a kérdést, hogy mennyi tápanyaggal alakítható át búzatalajjá, akkor nemcsak hipotetikus, hanem szabatos választ adhatnánk (kg/ha):

Talajféleség	Foszforsav	Kálium-oxid	Kovasav
Búzatalaj	2560	5200	15300
Rozstalaj	1700	3900	10200

Különbség	860	1300	5100
-----------	-----	------	------

Ezek szerint a rozstalaj felvehető P és Si készletét 50 %-kal, míg a K készletét 1/3-dal kell növelnünk. A búzatermés további 50 %-os növeléséhez a búzatalaj tápelemkészletét is 50 %-kal kell emelni (kg/ha):

Talajféleség	Foszforsav	Kálium-oxid	Kovasav
Búzatalaj	2560	5200	15300
Búzatalaj 50 %-a	1280	2600	7650
Összesen	3840	7800	22950

Az okfejtések célja megmutatni, hogy a növényfajok felvételében mutatkozó kis különbség milyen nagy többlet jelenlétét feltételezi a talajban. A búza ha-onként 8.6 kg-mal vesz fel több foszforsavat a rozshoz képest, de a talajban 100-szoros (860 kg) vagy még nagyobb többletnak kell lennie. A becslés ideális talajra készült, a végkövetkeztetés azonban valamennyi talajféleségre vonatkoztatható, mert a tápelemek nem mozognak a talajban. Mivel a talajon a K-igényes gyökérgumósok is megteremnek, valójában nem lenne szükséges még 1300 kg/ha K-oxidot adni, hogy búzatalajjá váljon. Látható, hogy gyakorlatilag lehetetlen egy rozstalajt búzatalajjá alakítani, ill. ily módon a búzátábla termését 50 %-kal emelni. Kísérleti parcellán persze elvégezhető a melioráció, de nagyszámú tábla, régió vagy egy ország talajának javításakor legyőzhetetlen akadályt jelentene a tápanyag ára ill. beszerezhetlensége.

Minden talaj rendelkezik potenciális és aktuális termékenységgel. Utóbbi a fizikai kötésben lévő készlettel arányos. A potenciális termékenység akkor lenne realizálható, ha a kémiaiilag kötött teljes készlet hatékony formába menne át. A gazda művészete egyrésztől abban áll, hogy kiválassza a termesztendő növényeket és megállapítsa egymás utáni sorrendiségüket, a vetésforgót. Másrésztől alkalmazza mindazon műveleteket, amelyek segítségével a kémiaiilag kötött tápanyagok hatékonyra válhatnak. A mezőgazdaság eredményei e tekintetben csodálatra méltóak. A földművelés művészete messze eredményesebb, mint amire a tudomány képes. Amennyiben a gazda azokra a természetes tényezőkre támaszkodik, melyek talajának kémiai és fizikai adottságait javítják, nagyobb hatást tud a termésére gyakorolni, mintha trágyázna. Amit trágyákkal adhat nyeresége veszélyeztetése nélkül, az csekély töredék termékeny talaja készletéhez viszonyítva.

A trágyázás fontos eredménye, hogy a termések állandó szinten maradnak. Ha pedig nőnek, annak oka nem a talaj készletének érdemi növekedése, hanem a tápelemek jobb eloszlása, valamint az eddig hatástalan tápanyagok egy részének hatékonyvá válása. Előnyös lesz a trágyázás, ha a talajban ezzel helyes tápelemarány alakulhat ki, mert a terméseredmények ettől függenek. A beépülő tápelemek arányai hamuelemzéssel könnyen becsülhetők. A búza, burgonya, zab és here elemarányai a következők:

Növényi rész	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO+MgO	SiO ₂
Búza (szem, szalma)	1	: 2.0	0.7	5.7
Burgonya (gumó)	1	: 3.2	0.5	0.4
Zab (szem, szalma)	1	: 2.1	1.0	5.0
Here (széna)	1	: 2.6	4.0	1.0
Átlagosan	1	: 2.5	1.5	3.0

Amennyiben 4 éves forgóban búzát, burgonyát, zabot és herét termelünk, a növények arányosan fogják a tápanyagokat az egyes években felvenni. A felvett tápanyagokat összeadva és átlagolva kapjuk az átlagos tápelemarányt, mely szerint a talaj elszegényedett, ill. veszteséget szenvedett. Az alábbi példában $1.0 : 2.5 : 1.5 : 3.0 = P_2O_5 : K_2O : CaO + MgO : SiO_2$. A búza 26, burgonya 25, zab 27, here 36 kg, azaz a 4 év alatt összesen 114 kg foszforsavat vettek fel a növények. Amennyiben az arányok nem megfelelőek, pl. a P_2O_5/SiO_2 aránya 2.5 a talajban, a kovasav hiánya először a gabonaféléken jelentkezhet, míg a burgonya és a here termését nem befolyásolja majd. Ha K-hiány áll fenn, akkor várhatóan a búza és zab termése nem változik, de a burgonya termése kisebb lesz. Ugyan-ilyen módon a Ca és a Mg hiánya csekélyebb heretermést eredményezhet.

A P-hiányos talajon nőni fognak a termések P-trágyázással mindaddig, míg a foszforsav és a többi tápanyag közötti helyes arány helyre nem áll. A nagyobb termékkel nő a tápelemfelvétel is. Hasonlóképpen ha a K vagy Ca hiányzik, akkor a hamu vagy a Ca adagolása lesz eredményes. A felvehető kovasavat egyenlőtlenül tartalmazó talaj 2-3 év múlva forgóban ismét termékeny lehet a búzára nézve is, amennyiben kovasavból ténylegesen felesleget tartalmazott, de az egyenlőtlenül volt eloszolva. Az ugarolás alatt ez a többlet azokra a helyekre vándorolt, ahol hiány mutatkozott és a megfelelő tápelemarány helyreállt. Hasonlóképpen magyarázható, hogy borsót vagy herét egymás után nem lehet termelni. Tapasztalatok szerint a talaj mechanikai megművelése jobban lerövidíti az időközöket, mint a trágyázás. Ilyen esetben nem abszolút hanem helyi tápelemhiányról, azaz egyenlőtlen eloszlásról lehet szó a talajban.

A talaj viselkedése a növényi tápanyagokkal szemben trágyázás esetén. A talaj és a trágya kölcsönhatása.

Általában trágyának vagy "trágyaszernak" nevezzük mindazokat az anyagokat, melyek a növények termését növelik, ill. a művelés következtében kimerült szántóföldet ismét termékeny állapotba hozzák. A trágyák részben közvetlenül hatnak mint tápanyagok, részben fokozzák a mechanikai talajművelés tápanyagfeltáró hatását. Ilyen közvetett hatású trágyaszor a már tárgyalt konyhasó, a Chilisalétrom, az ammóniumsók stb. Bonyolult kideríteni, hogy a trágyák direkt vagy feltáró hatása érvényesül esetenként. Termékeny talajon a mechanikai talajművelés és a trágyázás bizonyos értelemben kiegészítik egymást. Nagy termés után pusztán mechanikai talajműveléssel, a tápanyagok egyenletes eloszlásával elérhető, hogy a következő évben is jó termés legyen. Pocsékolás lenne ilyenkor további tápanyagot adni a talajba. A megfelelően művelt talajon jobb a trágyahatás, azaz kisebb adaggal kaphatunk ugyanakkora terméseket.

A leromlott föld termékenysége okszerű műveléssel és együttes trágyázással állítható helyre a leggyorsabban. Homoktalajon minden trágyaféleség gyorsabban és szembetűnőbben hat, meghálálja a trágyázást a terméstöbbletekben. Az ammóniaforrással szolgáló trágyaszerek (mint pl. a gyapjú, a szaruforgács, sörté és a vér) kedvezőbbek lehetnek a termésre, mint maga az ammónia, a csontliszt pedig előnyösebb lehet a szuperfoszfátnál. A hamu hatása is jobb lehet, mint az egyenértékű K-é. A tápanyagok eloszlása időt igényel. A feleslegnek először oldódnia kell, hogy az elszegényedett helyekre jusson. Minél közelebb vannak a tápanyag-felesleggel rendelkező helyek egymáshoz és minél kisebb a talajrészcseccék abszorpciós képessége, annál gyorsabban állhat helyre a termékenység.

A talajok abszorpciós képessége eltérő. Egy kubai meszes talaj 1360 mg K_2O -t kötött meg, míg Weiheinstephani talajából 1 liternyi 2601 mg-ot, a magyar talaj pedig 3377 mg-ot, csaknem 2,5-szeresét a kubainak. Ha tehát 2600 mg K-oxidot adunk 1 liter weiheinstephani talajhoz, akkor az elnyelődik és cm^3 -enként 2,6 mg K-oxidot megköt. A 10 cm-nél mélyebben fekvő rétegek már nem kapnának abszorbeálható tápelemet. A vizsgált magyar talajon az átszivárgó oldatból a K csak kb. 7 cm mélységre, a havannai talajban viszont 19 cm mélységre jutna. Hasonlóan oszlik el a K az ugar talajában. A szilikátokból mállással felszabaduló K vagy Si annál nagyobb talajtérfogatot fog ellátni, minél kisebb a talaj abszorbeáló képessége.

K-szilikát oldatából az 1 liter talaj abszorbeált: erdőtalaj 15, kertiföld II. 1085, bogenhausi talaj 2007, kertiföld I. 2425, magyarországi talaj 2644 mg SiO_2 -ot. Tehát az 1 liter magyar talajt telíteni képes kavasav a bogenhausi agyagból 1,31, a kertiföld II-ből 2,43, az erdőtalajból 176 litert itatna át. A K-hoz hasonlóan adszorbeálódik az ammónia. A kubai talaj 1 kg-ja 5,52 g, a schleiss-heimi 3,90 g, a kertiföld 3,24 g, a bogenhausi 2,60 g-ot vesz fel. Az utóbbi talajon tehát az

ammóniumsók elmozdulása több mint kétszerese a havannai talajon mértnek. Ugyanilyen módon meghatározható a többi tápanyag, mint a Ca-, Mg-, NH_4 -foszfát adszorpciója és viszonylagos mozgásuk különböző talajféleségekben egy számmal kifejezhető. Az adszorpciós számon a különböző tápanyagok mg-ban kifejezett mennyiségét értjük, amelyet egy liter talaj az oldataiból kivon. A talaj adottságainak, a trágyaszerek hatásának és bemosódásának megítélése szempontjából fontos a talaj adszorpciós viszonyszámait minden tápanyagra külön is megállapítani. Így pl. 1 liter bogenhausi agyagtalaj a következő mennyiségeket adszorbeálja mg-ban: ammónia 2600, K_2O 2366, Ca-foszfát 1098. Ez azt is jelenti, hogy ha az ammónia 10 cm mélyre jut a talajban, akkor ugyanannyi mennyiségű K 11 cm-re, a Ca-foszfát pedig 23.6 cm-re.

A Ca-foszfát szemcséi elszórtan találhatók a talajban. Amennyiben a szemcséből 22 mg oldódik szénsavas vízben és az oldat a környező talajban eloszlik, akkor a szemcse körüli talaj Ca-foszfáttal telítődni fog. A szénsavas víz újabb oldata a távolabbi talajrétegeket gazdagítja és végül teljesen eloszlik 20 cm^3 bogenhausi talajt termékenyítve meg. Az oldódás és elterjedés sebessége függ a Ca-foszfát minőségétől, porítottságától. A finomabb eloszlású anyagból kétszer vagy háromszor annyi oldódik, ill. fele-harmada idő alatt következik be az eloszlás a talajban.

A szalmás istállótrágya elbomlása után K-szilikát marad vissza. A korhadás szénsavat szabadít fel, mely a kovasavat oldhatóvá teszi. Mivel a szerves anyagok nem adszorbeálnak kovasavat, a trágya csökkenti a talaj adszorbeáló képességét. Az erdőtalaj csak kis mennyiségben adszorbeált kovasavat alkálikus oldataiból. Ha a vizsgált magyarországi talajjal összekevernénk, a mállással felszabaduló kovasav nagyobb térfogatú talajban oszlana el. A szervesanyag-tartalommal nem csökken arányosan a kovasav adszorpciója minden talajon. Így pl. a magyarországi talaj több (9.8 %) éghető anyagot tartalmaz, mint a bogenhausi vályogtalaj (8.7 %), ennek ellenére a magyar talaj sokkal több kovasavat köt meg. A folyamatot más tényezők is befolyásolják. A kovasavban dús talaj adszorpciója nyilvánvalóan mérsékeltebb lesz még akkor is, ha több a szerves anyaga. Az adszorpciós viszonyszám nem szolgálhat a talaj jóságának vagy ellátottságának megítélésére, csupán a tápanyagok mobilitását jellemzi. Ismeretében a gazda jobban megalapozhatja beavatkozásait.

A termékeny homoktalaj tápelemkészlete elenyésző az agyagtalajokéhoz viszonyítva, mégis képes ugyanolyan jó terméseket adni. Nem a tápelemek összes mennyisége fontos, hanem felvehetőségük, mely formában fordulnak elő. Az 1 lat csontszén pl. akkora hatékony felülettel rendelkezik, mint 1 font faszén. Amennyiben a homok tápanyagainak felvehető felülete az agyagéval megegyezik, a növényeknek egyformán jól kell nőniük. Amennyiben 1 liter agyagot 9 liter homokkal hígítunk és a keverékben a gyökérszörök ugyanannyi talaj (agyag) részecskével érintkezhetnek, akkor a növény annyi tápanyagot fog felvenni, mint a nem-hígítottból (bár ez utóbbi 10-szer gazdagabb tápanyagokban).

Valamennyi termékeny homoktalaj a homoknak és több vagy kevesebb agyagnak vagy vályognak a keveréke. Mivel a tiszta kovasavas homok a K-ot és a többi növényi tápanyagot csak kis mértékben abszorbeálja, agyag hozzákeverésével javítható. Így a trágya tápanyagai jobban megkötődnek a szántott rétegben és a homok lassabban merül ki. Ellenkező esetben gyakori trágyázást igényel, mert az ugarolás, a mechanikai művelés hatástalan a termőképesség helyreállításában. Bár ugyanazon tényezők hatnak az ekés műveléskor mindkét esetben, de a homokon hiányoznak azok az anyagok, melyek talajműveléssel feltárhatók.

Az abszorpciós számok kg-ban megadják azt a tápelem-mennyiséget, amely a talaj felszínére juttatva mintegy 10 cm (kb. 4 col) mélységi mozgást eredményezne. Völker, Henneberg és Stohmann a talajok abszorpciós számát vizsgálva megfigyelték, hogy a töményebb ammónia vagy ammóniumsó oldatból nagyobb mennyiségű ammónia abszorbeálódik. Ebből önként adódik, hogy a víz és a talaj "megosztozik" az ammónián. Az erősebb kötés magában foglal egy olyan frakciót, amely vízzel is kivonható. Völker kísérleteiben az ammóniával telített talaj ammónia tartalmának felét igen sok vízzel ki lehetett lúgozni a talajból, a másik fele viszont megkötődött. A korhadó növényi anyagban gazdag talajok több ammóniát abszorbeálnak és erősebben visszatartják. Be kell látnunk, hogy a szokásos trágyázási eljárással a talajt csak kis mélységig lehet gazdagítani. Még akkor is, ha ammóniában gazdag trágyaszereket, pl. guanót vagy ammónium-sókat használunk.

Ahhoz, hogy 1 ha bogenhausi vályogtalajt 10 cm mélységig teljesen, vagy 20 cm-ig félig telíthessünk, tiszta ammóniából 2600 kg-ot vagy 52 centnert, ill. kénsavas ammóniumsóból 200 centnert kellene a talajhoz adni. Amennyiben az 1 ha bogenhausi talajt 10 % ammóniát tartalmazó 800 kg guanóval trágyázunk meg, akkor a terület 80 kg ammóniát kap. Mindez alig valamivel több mint harmincad része annak, mely a 20 cm réteg 50 %-os telítettségéhez kellene. Eke és borona használata nélkül legfeljebb 7 mm mélyre jutna a guanóval adott ammónia. A növények fejlődése azonban nem igényli a tápanyagokkal telített talajt. Amint az abszorpciós számok is mutatják, a szántóföldek messze vannak a telített állapottól. A növények megfelelő táplálásához elégséges, ha a gyökerek tápanyagokkal részben telített talajjal kerülnek érintkezésbe, melyeket a mechanikai művelés állandóan átkever.

Egy hektár átlagos búzatermésben (2000 kg szem és 5000 kg szalma) 52 kg K_2O , 26 kg P_2O_5 és 54 kg N van. Amennyiben a N-t a talaj szolgáltatja, akkor az 1 m^2 -en termett búza a tápelemek tízezred részét vette fel, azaz összesen 13.2 g-ot. A 100 db/ m^2 sűrű állomány esetén 1-1 növény 132 mg-ot vagy pedig 54 mg N-t = 65 mg ammóniát, 52 mg K_2O -t és 26 mg P_2O_5 -t asszimilált. Nägeli és Zöller korábban ismertetett kísérleteiben a trágya tápanyagokkal részben telített tőzeg volt, melyet 3 térfogatnyi majdnem teljesen terméketlen tőzeggel keverték össze. Így olyan "talajt" sikerült előállítani, melynek termékenysége a jó kertiföldének felelt meg. Általában nem találunk tápanyagokkal telített talajt a szántón, de a trágyázás pontosan az előbbi elvek szerint történik. Folyékony vagy szilárd

trágyákat juttatunk ki, melyek tápelemei azonnal vagy fokozatosan reakcióba lépnek a talajjal. A talaj telítődik kívül vagy belül tápelemekkel és a gazda végső soron ezzel trágyáz pótolva a növényi felvételt, a talajkimerülést.

A tapasztalat megtanította a gazdát a talaj természetének és a növények igényének, fejlődési fázisának megfelelő trágyázási eljárásokra. Tudja, mikor szükséges kevésbé vagy jobban beszántani, esetleg a felületre szórni a trágyát. (Journ. of the Royal Agric. Soc. of England. T. 21, p. 330.) Eredményei nagyobbak lennének, ha fő trágyájában a tápanyagok egyenletesebben lennének elosztva és így a talajban is jobban keverednének. Az istállótrágya a korhadó szalma és növényi maradványok, valamint a szilárd állati ürülék rendkívül egyenlőtlen keveréke. A keveréken belül az állati ürülék alkotja a kisebbik részt. A trágya olyan folyadékkal van átítva, mely ammóniát és K-ot tartalmaz oldott állapotban. Ha a trágyarakásból 100 helyről veszünk mintát és külön-külön elemezzük azt találjuk, hogy mindegyik mintában más és más a tápanyagok aránya. Kézenfekvő, hogy trágyázás esetén a talaj két pontja nem fog ugyanannyi tápanyagot kapni.

A trágyarakások helyén az egész tenyésztő alatt (sőt gyakran a rákövetkező évben is) bujább, gazdagabb, zöldebb a növénytakaró. Különösen szembevető ez kalászosoknál, ahol a K és az ammónia ilyen többlete a szemképződésben nem hasznosul, csak a szalmatermés nő az egyenletlen kínálat miatt. Az istállótrágya tápelemeinek egyenlőtlen talajbani eloszlása azt eredményezi, hogy a kalászosok is egyenlőtlenül fejlődnek. Az érett trágya egyenletesebb, mint a friss szalmás trágya. A gazda még egyenletesebb eloszlást ér el, ha az istállótrágyát a talajjal felváltva rétegezi, vagy a talajjal összekeveri és komposztálja. Előnyös a gazdának, ha ilyen "telített" talajt állít elő és ezzel trágyáz a szántóföldön. Völker vizsgálatai szerint 1 m³ istállótrágyában (= 500 kg vagy 1000 font) 660 font víz, 6 font K-oxid és 12 font ammónia van. Vegyünk ehhez 1 m³ olyan talajt, melynek 1 dm³-e 3 g K-oxidot és 6 g ammóniát abszorbeál. A keverék súlyának kb. 25 %-át kitevő szerves anyag teljes elbomlása, valamint víztartalma 50 %-ának elpárolgása után kb. 1 1/4 m³ olyan komposzt-talajt nyernénk, mely az istállótrágya vala-mennyi tápanyagával telítve van. K és ammónia abszorbeálására alkalmas talajt mindenütt lehet találni, tehát a komposztálás nem lesz nehéz feladat.

Az istállótrágyának mechanikai hatása is van, a kötött talajt könnyebbé és porózusabbá teszi. Ezért az agyagos talajokon előnyösebb az istállótrágyát laza anyaggal, felaprított tőzeggel kiegészíteni. A komposztálás munkaigényes, kiszórása költséges szállítást igényel. Célja a talajok és a tőzeg abszorbeáló tulajdonságának felhasználásával a trágyalében lévő tápanyagok megkötése. Amennyiben a trágyatároló alapjául 1 m magas laza tőzegréteg szolgál és az alapterület 10x10 m, akkor 100 m³ tőzeg fogja fel a trágyalevet veszteségmentesen. Ez a tőzeg istállótrágyaként felhasználható, tehát évente friss réteget kell teríteni az újabb trágyatároló alá. Réteken persze a trágyalé közvetlenül kipermetezhető és gyors hatású. A München környékén előforduló por alakú tőzeg literenként (melynek súlya 330 g) mintegy 8 g K₂O-ot és 4 g ammóniát abszorbeál.

Az istállótrágya, csontliszt, guanó, némely esetben a fahamu vagy a mész hatása tulajdonképpen rejtélyesnek tűnik. Úgy látszik, hogy a trágyával adott tápanyagok sokkal hatékonyabbak, mint a talajban már eleve benne lévőek. Másszóval a talaj eredeti nagyobb készlete hatástalan, a termőképességet elsősorban a trágya adagolása határozza meg. Ennek ellenére a gazdák egy része minden trágyát nélkülözhetőnek vél, ill. a mechanikai talajművelést önmagában elegendőnek tartja. Mások szerint a talajt kizárólag trágyázással lehet termékeny állapotban tartani. Egyik csoport sem derítette ki azonban, hogy min alapszik a talaj termőképessége. A Mezőgazdasági Társaság 1857-ben kísérleteket végzett Bajorországban a foszforit hatásával kapcsolatban. A P-ban szegény schleissheimi talajokon hektáronként 241 kg foszforsavval (657 kg foszforit kénsavval feltárva) trágyáztak és a következő terméseket kapták tavaszi búzával (kg/ha-ban):

Trágyázás	Össztermés	Szem	Szalma
Trágyázott	5115	1302	3813
Trágyázatlan	2301	644	1657

A talajt Zöller az itteni laboratóriumban megelemezte és hideg sósavval annyi foszforsavat tudott kioldani, amely 1 ha szántott (25 cm) rétegre számítva 2376 kg-nak, azaz 5170 kg Ca-foszfátnak felel meg. A szem és szalma termésével felvett összes foszforsav mennyisége a trágyázatlan talajon 8.0 kg, a trágyázotton 17.5 kg volt, tehát a többlet 9.5 kg, mely a trágyában adott 241 kg-nak 25-öd része. Ezen nem csodálkozhatunk, hiszen a P-t nem a növénynek, hanem az egész szántóföldnek adtuk. Ha lehetséges volna közvetlenül a növények gyökereihez juttatni, akkor 9.5 kg P megkészerizhetné a termést. A 241 kg felvehető P_2O_5 -ből 9.5 kg került érintkezésbe a növényi gyökerekkel, tehát 25-ször annyit kell ad-nunk a talajnak. Másrésről viszont úgy tűnik, hogy a talaj P-készletével szemben a trágyázásnak aránytalanul nagy a hatása. A trágyázatlan talajról learatott szemben és szalmában a talaj P-készletének csak 1/300 részét, a terméstöbbletben viszont a trágya-P 1/25 részét lehet megtalálni. A trágya-P eszerint 12-szer hatékonyabb a talaj eredeti P-készleténél. A 241 kg trágya-P a 2376 kg talaj-P 1/10-ét tette ki. A termést viszont nem 1/10-del növelte, hanem megduplázta.

Direkt mérések alapján 1 dm³ schleissheimi talaj 976 mg foszforsavas meszet abszorbeál. Trágyázással minden dm² 525 mg-ot kapott, mely az eső-vízben történt oldódás után elegendő arra, hogy 5.4 cm (kb. 2 col) mélységig teljesen, vagy 10.8 cm mélységig félig telítse a talajt. Ez a talajréteg tehát nem 1/10-del, hanem 50 %-kal lett felvehető P-ban gazdagabb. A talaj abszorpciós képességével eszerint meg lehet magyarázni, hogy a trágyázott szántó termése inkább a trágyával adott tápanyagok mennyiségével áll arányban, mint a szántóföld talajában lévő összes tápanyaggal.

A trágyák hatása még nagyobb lehet olyan talajokon, melyek az említett schleissheimi szántónál szegényebbek tápanyagokban. A következő eredményeket

olyan területen kapták, mely 15 éven át birkalegelő volt és most felszántották. Ezen a schleissheimi területen a talajréteg legfeljebb 6 col vastag. Alatta nem talaj, hanem olyan kavicsréteg található, mely a vizet egy colos lyukbősséggel rendelkező szitához hasonlóan engedi át. A trágyázatlan földdarab termés hozama módot nyújt arra, hogy a talaj sterilítéséről fogalmat alkothassunk. A trágyázás 525 kg/ha kénsavval feltárt foszforittal történt, mely 193 kg P_2O_5 -t, ill. 420 kg Ca-foszfátot tartalmazott. Az őszi rozs termése 1858-ban az alábbiak szerint alakult (kg/ha-ban):

Kezelés	Össztermés	Szemtermés	Szalmatermés
Trágyázott	1995	654	1341
Trágyázatlan	398	115	283

Zöller vizsgálatai szerint ez a talaj 6 col mélységig csak 727 kg/ha P_2O_5 -t tartalmazott.

A P-ral trágyázott földdarab 6-szoros szem-, ill. 5-szörös szalmatermést hozott. Ez a nagyobb termés, bármily jelentősnek tűnik is a trágyázás hatása, nem érte el az előző kísérletben ismertetett művelt de nem trágyázott szántóföld összes hozamát. A birkalegelő talaj 6 col mélységig csupán fele annyi P-t tartalmazott. A szuperfoszfát-trágyázás itt mindössze arra volt elegendő, hogy 8-10 cm mélységig azonos felvehető P-készletet teremtsen, mint amivel a másik, trágyázatlan szántó rendelkezett. A talaj felső rétegében végbemenő tápanyag-abszorpció magyarázza a trágyaszerek kiugró hatását a talaj összes tápanyag-készletéhez képest. A viszonylag csekély trágyaalkotórész képes a növényekre (melyek táplálékukat főleg a szántott réteg felső részéből veszik fel) ilyen feltűnő hatást gyakorolni. A szántott réteg összetételének pontosabb megismerése és a tápanyagokhoz való viszonyának feltárása, valamint a növények természetének és szükségleteinek figyelembevétele lassanként elvezet majd a mezőgazdálkodás számos jelenségének megértéséhez, melyek sok gazda számára rejtélyesnek tűntek. A növény fejlődésének általános törvényszerűségeit ma már (amennyiben azok a talajjal, levegővel és a vízzel vannak kapcsolatban) alapvetően ismerjük. Számos kérdés azonban megválaszolatlan. A másféle növény termesztésére alkalmas talajon miért fejlődik rosszul pl. a borsó? mely tényezők akadályozzák abban, hogy a talaj tápanyagait felvegye? Mi az oka, hogy ugyanez a talaj néhány év elteltével ismét kifizetődő borsótermést ad, holott a két borsótermés között a talaj inkább szegényedett? Hogyan lehetséges, hogy zabbal, árpával, tavaszi kalászossal együtt vetve nagyobb termést ad, mint önmagában, amikor a talaj tápanyagtartalékaiban nem kell osztoznia a többi növénynek?

Hasonló jelenségeket figyelhetünk meg a herekultúrákban. Fellép a hereúntság, több heretermés betakarítása után a szántó gyakorlatilag terméketlenné válik. A talaj heretermő képességét ilyen esetben trágyázással nem lehet ismét helyreállítani. Néhány év elteltével azonban, miközben kifizetődő terméseket adhat a kalászos és a gumós növény, a föld ismét alkalmas a here telepítésére. A növények

trágyaigényét ismerjük a legtöbb talajon. Az istállótrágya mindenütt hasznos. A gabonák főként az ammóniumsókat, takarmányrépa a szuperfoszfátot, here a csontlisztet, hamut és a meszeztést hálálja meg. A borsó- és hereunt földeken e trágyák hatástalanok. Ez a megmagyarázhatatlan jelenség a gazdát kétkedővé teszi a tudománnyal szemben és arra kényszerül, hogy éveken át lemondjon a számára hasznos növények termesztéséről. A tudomány nem képes átsegíteni nehézségein.

Elterjedt téveszme, hogy ha az elméletet ismerjük, akkor képesek vagyunk valamennyi előforduló esetet megmagyarázni. Az elmélet önmagában sem a csillagászatban, sem a mechanikában, fizikában vagy kémiában nem magyarázza meg az egyes jelenségeket, csupán az általánosítható összefüggéseiket tárja fel. Az egyes jelenségeket irányító tényezőket és együttes hatásukat elemzi, rámutatva az okokra és ezáltal a helyes kísérletezésre tanít. A jelenségek okainak feltárása persze nem a gyakorló gazda feladata. Azok viszont, akik ezt a feladatot tűzték maguk elé, helytelen úton haladtak. Nem vették figyelembe a növények belső szükségleteit.

Így pl. mind az árpa, mind a borsó igényli a mérsékelt nedves, jó erőben lévő, nem túl kötött, gazdától megtisztított és kellően művelt meszes vályog vagy márga talajt. A 6 col mély szántott réteg elégséges az árpa finom elfilcesedett gyökérzetének. A mélyebb szántással előálló laza altalaj már nem kívánatos, míg a közvetlen vetés előtti trágyázás előnyös. Az árpát 1 colra vetjük, a borsó 2-3 col mélységet igényel. A borsó gyökerei nem oldalirányba terjednek, hanem mélyen lehatolnak, ezért mélyen művelt laza altalajra van szüksége. A friss trágyázás számára is kedvező, de hatása aránytalanul kisebb az árpához képest. A két növény sajátosságaiból következik, hogy az árpa fejlődésének feltételeit főként a felső szántott réteg, míg a borsóét az alsóbb rétegek biztosítják.

Mit igényel a két növény a talajtól? Mayer vizsgálatai szerint (Ergebn. landw. und agricult. -chemischer Versuche, München, 1857, S. 35.) a borsóban 1/3-dal több hamu (3.5 %) található, de a P_2O_5 -tartalom a kétféle szemben megközelítően azonos (2.7 %). Eszerint a borsót tápláló altalajnak éppen olyan gazdagnak kell lennie P-ban, mint az árpát tápláló szántott rétegnek. Más a helyzet a N-nel, melyben a borsó majdnem kétszer olyan gazdag. Tegyük fel, hogy mindkét növény a talajból veszi fel a N-t, bár a borsónál ez nem egészen helytálló. A borsó kétszeresét igényli az altalajból. Így érthetőbbé válik a talajuntság is. A felvevő gyökérfelületek hipotetikus azonossága alapján a borsó altalajának oly gazdagnak kell lennie P-ban és kétszer olyan gazdagnak N-ben, mint az árpa szántott rétegének. A P esetében ez a feltételezés helytálló.

A kimerült árpaföldön jelentkezik a kifejezett trágyahatás, hiszen a növény növekedésének feltételét a szántott réteg biztosítja. A borsó altalajába viszont nem jutnak le a trágyákkal beszántott tápelemek, mert a felső rétegben megkötődnek. A mélyebb szántást igénylő kapás- és gyökérnövények beiktatásával összekeverjük a gazdagabb feltalajt a kimerült altalajjal, így ismét termékeny lesz a borsó

számára. Helyes beavatkozással a gazda lerövidítheti ezt a közbülső időt és gyakrabban termelhet borsót. Tény, hogy a városok környékén sok olyan föld van, ahol évente vagy kétevente gazdag borsótermést takarítanak be anélkül, hogy valaha is "borsóuntak" lennének. A kertészek nem alkalmaznak különleges praktikákat e célból, igen mélyen és gondosan művelik meg azonban a földet és sokkal több trágyát adnak, mint amit a gazda szokott.

Lawes és Gilbert sok hiábavaló kísérletet végzett a hereunt szántó termékenységének helyreállítására. Tapasztalataik szerint a here termése egy ideig növelhető kálisókkal és szuperfoszfáttal. A hereunt talajon azonban a közönséges trágyaszerek közül sem a "mesterségesekre", sem a "természetesekre" nem hagyatkozhatunk. Az egyetlen eszköz a néhány évig tartó várakozás herementes szakasszal. Valójában nem az okok feltárására törekedtek, hanem különböző trágyaféleségeket próbáltak ki abban a reményben, hogy majd találnak egyet, mely orvosolja a bajt. Nem találtak ilyen gyógyszert. Nem ismerték fel, hogy a here igénye eltér a kalászosokétól. A bőségesen trágyázott szántón a here rosszul termett, míg a következő évben a búza vagy árpa jól fejlődött. Feltételezték, hogy a rossz heretermés betegség következménye, mely a hereuntság következtében alakult ki a talajban és fertőzi a herét, de a búza vagy az árpa gyökereire nem vivődik át.

A here abban különbözik a két gabonafélétől, hogy főgyökerei függőlegesen lefelé nőnek. Bizonyos mélységben (ahová az árpa és a búza finom hajszálgyökei el sem érnek) elágazik a főgyökér. Ezt különösen a *Trifolium pratense*-nél lehet tapasztalni. Az elágazás nyomán oldalirányú "kúszóhajtásokat" képez, melyek aztán ismét lefelé haladó gyökereket hajtanak. Ily módon a here a borsóhoz hasonlóan főképpen a mélyebb, szántott réteg alatti talajból táplálkozik. A két növény között az a lényeges különbség, hogy a nagyobb és kiterjedtebb gyökérfelülete következtében a here jobban elszegényíti az altalajt tápanyagokban, mint a borsó. A heremag kicsi, saját tömegéből csak kevés tápanyagot tud a fiatal csíranövénynek biztosítani. Fejlődéséhez gazdag feltalajra van szüksége. Amikor a gyökerek ezt a felső réteget áttörik, talajközeli felső részüket parafa réteg vonja be és csak az altalajban elágazó finom gyökérszálak szállítanak a növénynek táplálékot.

A fenti magyarázat a müncheni Botanikus Kertben végzett kísérletekkel (Zöllner) összhangban áll. Amikor a kb. 1 m vastag elporított tőzegnek csupán a felső 75 mm-es rétege volt tápanyagokkal telítve, a borsó és a vöröshere kezdetben kiválóan nőtt. A here második, de még inkább a harmadik vágása után azonban jelentős terméscsökkenés mutatkozott. A második évben a herenövények már elsatnyultak és kipusztultak. Ezzel szemben az 1 m mélységig tápanyagokkal telített tőzegen a második évben is bőséges termést kaptak. Amennyiben a tőzeg alsó 75 mm rétegét telítették tápanyagokkal, az első évben a here kicsi maradt és az egész tenyészidőre szüksége volt, hogy gyökerei a telített réteget elérjék. Ennek megfelelően csak a második évben kaptak termést. A kísérletek igazolták azt, amit eddig is tudtunk. A növények fejlődésük kezdetén jelentős tápanyag-többletet

igényelnek, melyet a növekedés későbbi szakaszaiban használnak fel. Ezzel magyarázható, hogy néhány colnyi tápanyagokban gazdag szántott réteg képes egy év leforgása alatt kiadós heretermést adni. Amint azonban a gyökerek ezen a talajrétegen áthaladtak, tápelemkészlete a továbbiakban nem táplálja a növényt. A here következő évi növekedése akkor biztosított, ha mélyebb rétegek-ben is talál tápanyagokat. Bármilyen bőséges is tehát a felszíni trágyázás, here-földön csak akkor hoz hasznot, ha a tápanyagok képesek a mélyebb rétegekbe lehatolni.

Lawes és Gilbert kísérleteiben a búza és az árpa igényei szerint trágyázták a talajok legfelső rétegét. A here csupán fejlődésének kezdetén hasznosíthatta e tápanyagforrást. Az alsóbb rétegek adottságai változatlanok maradtak és úgy viselkedtek, mintha a szántóföld egyáltalán nem kapott volna tápanyagokat. A szerzők által használt trágyaszerek a következők voltak: szuperfoszfát (300 font csontliszt 225 font kénsavval acre-nként), K_2SO_4 500 font, K_2SO_4 + szuperfoszfát, kevert alkálisók (500 font K_2SO_4 , 225 font Na_2SO_4 , 100 font $MgSO_4$, kevert alkálisók + szuperfoszfát, továbbá ammóniumsók egymagukban és szuperfoszfáttal vagy kevert alkálisókkal, istállótrágya (300 centner). Az istállótrágyát ezenkívül kiegészítették a legkülönbözőbb arányokban mésszel, mésszel + szuperfoszfáttal, mésszel + alkálisókkal, korommal, korom + mésszel, korom + mésszel + alkálisókkal és szuperfoszfáttal. A trágyák közül egyik sem tudta a hereunt földet ismét heretermővé tenni.

Az okot nem nehéz megtalálni. Lawes és Gilbert ugyan nem ismertetik a kísérleti talaj adottságait, de korábban közölt megjegyzéseikből tudjuk, hogy a rothamstedi földek meglehetősen nehéz agyagtalajok, melyek elsősorban gabonafélék, főként árpa termesztésére alkalmasak. Az agyagtalajok abszorpciós képessége alapján feltételezhetjük, hogy 1 dm^3 -e 2 g K_2O -t és 1 g Ca-foszfátot képes abszorbeálni. Tehát egy acre agyagtalaj ($= 405\,000\text{ dm}^2$) $1\text{ dm} = 4$ col mélységig $805\text{ kg} = 1610$ font K_2O -t és $405\text{ kg} = 810$ font Ca-foszfátot köthet meg. Az alkalmazott legnagyobb K_2SO_4 adag 500 font $= 270$ font K_2O és 300 font Ca-foszfát. Ha a K_2SO_4 -ot és a Ca-foszfátot feloldva juttatják ki, a K mindössze 2, a Ca-foszfát pedig 4 cm-re mosódott volna be. Feltehető, hogy leszántással a 8 colnál mélyebben fekvő rétegek észrevehető mennyiségű K-ot vagy P-t nem kaptak.

Lawes és Gilbert munkájuk 186. oldalán a következőket mondják: Az ún. hereunt földön bármilyen buján állt is a here ősszel vagy télen, a betegség jelei márciusban és áprilisban láthatóvá váltak. A jelenséget valamennyi kísérletben tapasztalták. Az egyik földön, melyen a heretermés nem sikerült, a következő évben árpát vetettek. Miután gazdag árpatermést kaptak, ismét herét vetettek. "A növények a tél folyamán meglehetősen jó állapotban voltak, de a tavasz előrehaladtával gyorsan elpusztultak." Egy pillanatig sem lehet kétségünk a pusztulást illetően. A növények "éhenhaltak", amint gyökereik a szántott rétegen túljutottak és az altalajban kezdtek elterjedni.

Amennyiben a rosszul sikerült heretermés betegségtől ered, úgy ez a betegség különös természetű. A gazdagon trágyázott szántott réteg ugyanis a betegségnek nyomaát sem mutatta, csak az altalaj volt hereunt. Létezik-e egyáltalán olyan

betegség, mely a here termelése következtében lép fel? Lawes és Gilbert anélkül, hogy észrevették volna, a kérdésfelvetést is megcáfolták. A 193. oldalon ezt mondják: "Mielőtt közelebbről megtárgyalnánk a sikertelen hereter-mések okát, jó lenne a rothamstedi konyhakertben beállított néhány kísérlet ered-ményét ismertetni. A konyhakert talaját a kertekben szokásos módon művelik talán már 200 vagy 300 éve. Az 1854-es év elején 1/500 acre-nyi területen vörösherét vetettünk és 1859-ig 14-szer takarítottunk be hereszénát anélkül, hogy ismét herevetőmagot szórtunk volna ki. A területet három részre osztottuk 1856-ban. Az egyik részt gipszeztük, a másikat alkáliákkal ill. foszfáttal trágyáztuk."

"Hat év alatt erről a kerti talajról 126 t/acre (252 centner) zöld herét, azaz 26.5 tonna szénát takarítottak be. A gipszezés 4 év alatt 15.5 t, a K és P trágyázás pedig 28.5 t zöld terméstöbbletet adott. Megjegyzésre méltó, hogy ugyanakkor a közeli szántóföldön nem voltunk képesek közepes heretermést elérni." Ez valóban figyelemre méltó. Szántón a here megmérgezte a talajt, míg azonos időjárási körülmények között a tápanyagokban gazdag kertiföldet nem. Természetesen szó sem volt arról, hogy összehasonlítsák a kert és a szántó talaját, hiszen a szerzők nem keresték a jelenség okát, pusztán a trágyákat tesztelték. Mégsem riadtak vissza attól, hogy a gazdákat a következő magyarázattal "ajándékozzák" meg:

"A növények eltérő módon viselkednek a tápanyagokkal szemben. A gabona-félék főként szerves anyagokkal táplálkoznak. Más fajok kielégítő fejlődéséhez komplex szerves vegyületekre van szükség. Úgy tűnik, az utóbbiakhoz kell a pillangósoknak, pl. a herének is tartoznia." Nem találván magyarázatot, el kívánják hitetni velünk, hogy a magasabbrendű növények között léteznek olyan különbségek, mint pl. a húsevő és a növényevő állatok között. A húsevők komplexebb szerves vegyületeket fogyasztanak, melyeket a növényevők állítanak elő. A here a növények között (a gombákhoz hasonlóan) bizonyos értelemben a húsevőket képviseli. Nem érdemes erre a magyarázatra sok szót vesztegetni. Hasznos lenne azonban megvizsgálni, vajon Lawes és Gilbert (a talaj abszorpciós képességének tekintetbe vétele nélkül) kimerítette-e azokat a lehetőségeket, melyek segítségével a hereunt szántót ismét termővé lehetne tenni? Akkor jogosan állíthat-nánk, hogy egyetlen természetes vagy mesterséges trágyaszer sem segíthet. Miért nem használtak szuperfoszfát helyett csontlisztet, mely mélyebb rétegeket képes táplálni? Miért alkalmaztak csupán K-szulfátot és más kénsavas sókat? Nem lehetetlen, hogy a közönséges fahamu hatékonyabb lett volna. Mindenekelőtt a KCl-ot kellett volna kipróbálni, mely a trágyalé alkotórészeként minden más kálisónál hasznosabb a herének és viszonylag mélyre lehatol a talajba. Továbbá miért nem próbáltak meg folyékony trágyákat alkalmazni és miért zárták ki a konyhasót? Ha tekintetbe vesszük, hogy a szerzők mit nem tettek meg a feladat megoldása érdekében arra a következtetésre juthatunk, hogy talán nem is volt világos elképzelésük a dolog természetéről.

Egy gyakorlati probléma megoldásában a legnagyobb nehézséget a jelenség lényegének felismerése okozza. A terméketlen here- és borsóföldön hiányzik a N a mélyebb rétegekből. Ez a terméketlenség oka és nem más. A talajok az ammóniát

igen erősen abszorbeálják, így nehéz az altalajt gazdagítani. Más a helyzet a salétromsavas sókkal, melyek lehatolnak. Ilyen trágyaszer alapvetően a Chilisalétrom, mely a here és a borsó talaját ismét termékennyé teheti. A meszezés is előnyös, ill. a meszes talajokon kifejezettebb a salétromsav képződése. Feltehető, hogy a Ca-trágyázás eme tulajdonsága is kedvez a mélyen gyökerező növények N-ellátásában. Megjegyezzük, hogy a talaj tápanyagokkal szembeni abszorpciós képességére vonatkozó első vizsgálatokat John P. Bronner, a híres pomológus tette. Megállapításai azonos értékűek Thompson és Huxtable eredményeivel. (Lásd: *Der Weinbau in Süddeutschland*, Heidelberg. Winter. 1836. 44. old.). Bronner már akkor a humusz-elmélet ellenzőjeként lépett fel és a szén eredetével, valamint az ásványi trágyákkal kapcsolatos megjegyzései figyelemre méltóak.

Az istállótrágya

A talaj kimerülése egy idő után gazdaságtalanná teheti a gazdálkodást. A kimerülés fokozatosan következik be és függ a talaj tápelemkészletétől, valamint a tápanyagok feltáródásának sebességétől. A kémiai értelemben vett kimerülés fogalma a tápelemek összegére, míg az agronómiai a talaj tápanyag-szolgáltatására vonatkozik. Kémiai értelemben kimerült egy talaj, amennyiben már egyáltalán nem ad több termést. Az átlagos búzatalaj szántott rétege legalább száz évre elegendő felvehető tápelemmel, mintegy 25000 kg hamualkatrésszel rendelkezik. Az éves terméssel tehát a tápelemkészlet 1 %-a hasznosulhat. Ez azt is jelenti, hogy a búza a következő évben 1 %-kal kevesebb tápanyagot talál és a szem- ill. a szalmatermésnek is ugyanilyen arányban kell csökkennie. Amennyiben ez a termésszint pl. 30 év után már nem teszi kifizetődővé a gazdálkodást, akkor a gazda kijelenti, hogy a talaj kimerült a búzára nézve. Annak ellenére, hogy a talaj készlete még 74 közepes termést tenne elvileg lehetővé, hiszen 18 ezer kg/ha-t tartalmaz még. A közepes rozstermés (=1600 kg szem és 3800 kg szalma) csak 180 kg/ha hamualkatrést von ki. Az a talaj, mely csupán 18000 kg alkat-részt tartalmaz, megfelelhet még egy sor kifizetődő rozsterméshez. A rozstalaj 28 év után elvileg még 13869 kg/ha ásványi készlettel fog rendelkezni.

Egy közepes zabtermés (2000 kg szem és 3000 kg szalma) 310 kg/ha hamualkatrést von ki a talajból, 60 kg-mal többet mint a búza, ill. 130 kg-mal többet mint a rozs. Ha a zab felszívó gyökérfelülete azonos volna a rozséval, akkor a rozs után nem tudna kifizetődő termést adni. Ugyanis a talaj, mely 13869 kg készlet mellett 310 kg-ot ad le a zabnak, évente 2.23 %-át veszti el hamualkatrészeinek. Ez csak akkor lehetséges, ha a zab aktív gyökérfelülete is a rozsénak 2.23-szorosa. Így tehát a zabtermések merítik ki leggyorsabban a talajt, már 12 év után a kezdeti termés 3/4-ére csökkenhetnek.

Minden kultúrnövényre fennáll olyan törvény, hogy a kimerülés elkerülhetetlenül bekövetkezik akkor is, ha az egymást követő kultúrák csupán egyetlen tápelemben szegényítik el a talajt, hiszen a hiányzó tápelem hatástalanná teszi a

többet. Minden terméssel, növényvel vagy elszállított növényi résszel elveszíti a talaj termékenységeinek egy részét. Azt a képességét, hogy a termést, növényt vagy növényi részt bizonyos idő után újra elő tudja állítani. Ezer mag ezerszer annyi foszforsavat von ki a talajból, mint egy szem; és ezer szár ezerszer annyi kavasavat, mint egy szár. Ha hiányzik a talajból az ezredik foszforsav vagy kavasav részecske, akkor nem fejlődik ki az ezredik szem és az ezredik szalmaszál.

A gazda számára az átlagtermések kivételesek, hiszen az évhatások miatt azok váltakoznak. Így az állandó csökkenés alig észrevehető különösen akkor, ha földje olyan kedvező kémiai és fizikai állapotban volt, hogy hetven évig természet-hetett volna rajta egymás után búzát, rozst és zabot trágyázás nélkül. A jó években kapott kielégítő termések váltakoznak a rosszal, de a gyenge hozamú évek aránya a kedvezőekhez képest mindig növekedne. A nyugat-európai kultúr-területek nagy többsége nem rendelkezik azokkal a kedvező fizikai tulajdonságokkal, melyeket a talajról itt feltételeztünk. A tápanyagok egyenlőtlenül oszlanak el a talajban és csak kis részük felvehető. Amennyiben két évenként a szükséges átlagos mennyiség oldhatóvá válik és eloszlik, akkor évek sora alatt elérjük az átlagterméseket (ha minden kultúrév után egy évig ugarolunk). Az állandóan csökkenő 30 termés helyett tehát 60 év alatt teljes átlagtermést kaphatunk. A kimerülés azonban ilyen módon sem kerülhető el és idővel az ugar pozitív hatása is eltűnhet.

Térjünk vissza szántóföldünkhöz, melyről feltételeztük, hogy a búza hamu-alkatrészeiből 25000 kg-ot tartalmaz a legtokéletesebben elosztva és felvehető állapotban, ill. minden évben búzával lett bevetve. Tegyük fel, hogy csak a kalászt vágjuk le, a szalmát alászántjuk, alkotórészei a levelekkel együtt a földön maradnak. A P-elvonás így 1/3-ával csökkenhet, míg a szalma elemei megőrződnek és újrahasznosulhatnak. A kimerülés periódusa bekövetkezik, de ilyen körülmények között később. A szemképzés elemei fokozatosan elfogynak. Ha a szalmát alomként használják az istállóban és azután szántják alá, ugyanaz a helyzet. Amit ilyen módon adtak vissza a talajnak azt el is vették tőle, tehát nem gazdagodott. Gyarapodás a szalma szervesanyagaival történik, hiszen azokat nem a talaj szorgáltatta. A föld valamivel termékenyebbé válhat ezzel, mint annak előtte volt.

Ha a szemet vagy a szem hamualkatrészeit a szalmával együtt ismét alászántják (pl. repcepogácsával trágyáznak pótolva a szem tápelemeit), a talaj összetétele nem változik és termékenysége is változatlan marad. Ha csak a szalmát adjuk vissza, a tápelemek aránya módosulni fog. A talaj megtartja termékenységet a szalmára nézve, míg a szemképzés feltételei csökkennek. Ennek az egyenetlenségnek a következménye az egész növény egyenetlen fejlődése. Amíg a talaj a növény minden részének egyenletes fejlődéséhez szükséges elemeket a megfelelő arányban tartalmazza, addig a szem minősége, ill. a szalma és szem aránya a következő (csökkenő) termésben azonos és változatlan marad. Míg eleinte a szemképzéshez a visszaadott szalma alkotórészeinek bizonyos mennyisége felhasználódik, később bekövetkezik a fordított helyzet. A szem alkotórészek a szalmába kerülnek és a föld hatalmas szalmatermést ad üres kalászokkal.

A fő- és melléktermés arányát, ill. a generatív és vegetatív növényi részek arányát a gazda csak a talajon keresztül tudja befolyásolni. Vagyis a tápanyagok arányával, amikor trágyáz. A legnagyobb szemterméshez hozzátartozik, hogy a talaj a szemképzéshez szükséges tápanyagokat tartalmazza elsősorban. A levélnövények, a répa- és gumós növények esetében ez az arány fordított. Ebből világos, hogy ha a 25000 kg tápanyagot tartalmazó búzatalajon burgonyát és herét termelünk (és az egész burgonya- és heretermést elvisszük a talajról), akkor e két növényvel éppen annyi P-t és háromszor annyi K-ot vonunk ki, mint három búzatermással. Bizonyos, hogy a talaj kimerülése így felgyorsul és a búzatalaj termékenysége csökkenni fog.

Ezzel szemben ha búzát és burgonyát váltakozva termelünk és az egész burgonyatermést a földön hagyjuk, ill. a gumót, levélzetet és búzaszalmát alá-szántjuk 60 éven keresztül, a búza szemtermése feltehetően akkor sem növekedne. A szántóföld a burgonyatermesztéssel nem nyert semmit és mivel mindent a földön hagyunk, semmit sem veszített. Feltételeztük itt, hogy a talaj fizikai tulajdonságai a legkedvezőbbek voltak, a here és a burgonya szerves anyagainak pozitív hatása nem jelentkezett. Amennyiben a burgonyát és a herét betakarítanánk és a terméseik tápanyagtartalmát más módon a talajba visszajuttatnánk, a föld 30 vagy 70 évig egyetlen búzaszemmel sem teremne többet, mint e visszajuttatás nélkül. A szemképzés feltételei nem javulnának és a termések csökkenésének oka ugyanaz maradna.

A burgonya és a here leszántása ilyenkor csak ott hasznos, ahol kedvezőtlenek a fizikai tulajdonságok, vagy a tápanyagok egyenlőtlenül vannak elosztva és a gyökerek számára részben hozzáférhetetlenek. De ugyanezt a hatást érzük el zöldtrágyázással vagy néhány év ugarolással. A here és a szerves anyagok leszántása növeli a talaj bomló szervesanyagát és N-készletét. Az atmoszférából felvett anyagok a talajt gazdagítják ugyan fontos elemekben, de ezzel nem nő a szemtermés, amennyiben a humusalkotórészek aránya a talajban nem változik, sőt a szem elszállításával állandóan csökken. Ha a termések esetleg néhány éven keresztül nőnek is, annál korábban következik be a kimerülés.

Három táblából az egyiket vessük be búzával, a másikat burgonyával, a harmadikat herével. A megtermett összes herét ill. burgonyát hordjuk a búzatáblára és szántjuk le. Mivel a búzatábláról csak a szemet vesszük el, így ez a tábla most termékenyebb, mint annak előtte volt. Gazdagabb lett azon tápanyagokkal, melyeket a két másik szántóföld a burgonya és here növényeknek leadott. A P-ből 3-szor, a K-ból 20-szor annyit kapott, mint amennyit a learatott és eltávolított szem tartalmazott. Ez a búzatábla három egymást követő évben teljes szemtermést tud biztosítani, mivel a szemképződés elemei háromszorosára nőttek. Különben öt év kellett volna ennyi szemtermés előállításához, mert az átlagtermések csökkentek volna. De amit a búzafield termékenységen nyert, azt a másik két szántóföld elvesztette. Végeredményben a talajkimerülés elkerülhetetlenül itt is bekövetkezik a gabonaszemben lévő talajalkotórészek eltávolítása folytán.

Az utolsó esetben a gazda burgonya és here helyett répát és lucernát vet, amelyek mély gyökérzetükkel nagy mennyiségű olyan tápelemet tudnak az altalajból felhozni, amit a gabonafélék gyökereinek többsége nem ér el. Így hasonló hatással számolhatunk, mintha a művelhető felszíni talajréteg megkét-szereződne. Amennyiben a növények gyökerei tápanyagaik felét az altalajból, másik felét a feltalajból veszik fel, úgy a feltalaj a terméssel csak fele annyit veszít. A teljes répa- és lucernatermés leszántásával a tábla ugyanannyit vagy többet kapna, mint amennyit a szemben elveszített. Búza föld az altalaj rovására olyan hosszú ideig megtarthatja a termékenységét, ameddig a répa és a lucerna számára termékeny marad.

Mivel a répának és a lucernának nagy az elemigénye, az altalaj előbb kimerülhet. Valóságban nincs az altalaj a szántott rétegtől elválasztva, de az elveszített tápanyagokból alig tud valamit visszakapni, mert a szántott réteg a felhozott részecskéket visszatartja. Csak az a kevés tápelem juthat az altalajba, amelyet a szántott réteg nem köt meg. Ezen mélyen gyökerező növények termesztésével tehát tápanyagfelesleg nyerhető mindazon növények számára, melyek táplálékukat elsősorban a szántott rétegből merítik. De ez a megoldás nem jelenthet tartósan kiutat. Számos helyen már ma sem díszlenek, mivel az altalaj kimerült és termékenysége csak nehezen állítható vissza.

Nincs olyan növény, amely kíméli a talajt. Olyan sincs, amelyik gazdagítja. A gazda megtanulta, hogy az előveteménytől függhet a következő növény termése. Nem mindegy, hogy milyen sorrendben termeszt növényeit. A kapás elővetemény vagy az erős gyökérzetű növény a kalászos számára kedvezőbbé teszi a talajt. A kalászos jobban fejlődik és még trágya nélkül is (vagy kíméletes trágyázással) gazdagabb termést ad. De csak átmenetileg, mert a talaj nem lett gazdagabb. Nem a tápanyag készlete növekedett, hanem annak hatékony része, ill. hatása az időben felgyorsult. A talaj fizikai és kémiai állapota javult, de csak átmenetileg. A gazda eladja terményeiben az atmoszféra és a talaj elemeit. Az ilyen gazdálkodás joggal viseli a rablógazdálkodás nevet. A talaj elemei jelentik a gazda tőkéjét, a légköri tápanyagok pedig tőkéjének kamatát. Az egyikkel állítja elő a másikat. Ártermelés során eladja tőkéjének egy részét és a kamatokat. Amennyiben trágyáz, visszatér tőkéje a földbe, vagyis vissza a saját tulajdonába.

Mindenki elismeri, hogy a here elvitele csökkenti a talaj gabonatermő képességét. Az, hogy a betakarított gabonatermésekkel a here termései is csökkennek, a legtöbb gazda számára felfoghatatlan. A here összetétele a búzáéhoz hasonló, de igényel még némi K, Ca, S többletet is. Ezeket a talajból kapja, a gabonaféle pedig (egyesek feltételeznék) a herétől. Amikor a herét kiiktatják romlik a gabonatermesztés feltétele, kevesebb tápanyag marad vissza a talajban a gabonaszemnek. A paraszt a takarmányokról azt mondja: magától értetődő, hogy a trágyát nem szabad eladni. Trágya nélkül nincs tartós művelés és a takarmányokkal a trágyánkat adnánk el. A szemtermésben mégis eladják a trágyájukat, de ezt nem látják be. Ha lehetséges lenne a szem elemeit elkülöníteni, úgy éppen ezek

lennének a legértékesebbek a gazdának, mert meghatározzák a gabonakul-túrát. A trágyák értékmérője szintén a szem hamuanyagának mennyisége lehet.

Az ember, állat és növény élete szorosan összefügg a talaj termékenységevel. Tartós termékenység elképzelhetetlen és lehetetlen trágyázás nélkül. Kultúrtalajaink nagy része ebben az értelemben kimerült, termőképességét az emberi kéz tartja fenn. Az istállótrágya képes megújítani a termékenységet. Mi az istállótrágya és honnan ered? Minden trágya a gazda földjéről származik. Az istállótrágyát az alomként szolgáló szalma, növényi maradványok, az emberek és állatok folyékony ill. szilárd ürüléke alkotja. Az ürülék a táplálékból ered. A kenyérrel és a hússal fogyasztjuk az ásványi elemeket is. A növényevő állatok húsa, valamint annak hamuja a növényekből származnak és azonosak a pillangó-sok magjainak (fehérjék) hamuelemeivel. Az állat elhamvasztva olyan hamut hagy hátra, mely a bab, lencse és borsó hamujától nem sokban különbözik.

Az életünk során táplálékkal felvett hamuanyagok kis töredékét építi be testünk. A felnőtt ember súlya nem nő napról napra, táplálékának alkotórészei eltávoznak. A kémiai analízis szerint az emberi ürülék hamuja közelálló a kenyér és a hús hamuösszetételéhez. A táplálék úgy viselkedik testünkben, mintha egy kemencében lenne elégetve. A vizelet a vízben oldható, a szilárd ürülék az oldhatatlan elemeket tartalmazza. A rossz szagú alkotók egy tökéletlen égésnek a füstje és korma. Ezekon kívül emésztetlen és emészthetetlen tápanyagmaradványok is vannak benne. A burgonyával takarmányozott sertés ürüléke a burgonya, a lóé a széna és a zab, a szarvasmarháé a répa, here stb. hamuanyagait tartalmazza. Az istállótrágya mindezen exkrementumok keverékéből áll (Lásd: "Trágyák").

A talaj az istállótrágyában szerves és ásványi anyagot kap. Vajon az éghető és az ásványi alkotók mekkora szerepet játszanak a termékenység helyreállításában? A hektáronként 10 év alatt ezer centner szénát adó rét talaja 10 év után szerves anyagban nem lesz szegényebb. Sőt gazdagabb mint annak előtte. A hereföld betakarítás után a talajban maradt gyökerekkel több szerves anyagot tartalmazhat, mint eredetileg. A búza- vagy burgonyatábla hasonlóképpen nem szegényedik el szerves anyagban. A növénytermesztés általában a talajt éghető alkotórészeiben gazdagítja, termékenysége mégis fokozatosan csökken. Mivel a szerves anyagok jelenléte a talaj kimerülését nem szünteti meg, növelésükkel lehetetlenség a termőképességet visszaállítani. Az istállótrágya hatása az ásványi elemeken alapul, a termékenység helyreállítása pótlásukkal áll arányban. A kultúrnövények ásványi elemei nem térnek vissza maguktól a földbe, mint az éghetők a levegőbe. Csak az emberi kéz által jutnak el újra a talajba.

Az istállótrágya-gazdálkodás

A talaj és a növény kapcsolatát, valamint az istállótrágya eredetét megbeszélve rátérhetünk az istállótrágya-gazdálkodás egyéb kérdéseire. Felvetődik, hogy

milyen módon növeli a trágya a szántóföld terméseit, mely alkotórészein alapul a hatása, milyen mennyiségű trágyát lehet nyerni egy szántóföldről és milyen állapotba kerül a talaj az évek során át folytatott trágyázás eredményeképpen? Ebből a vizsgálatból természetesen kizárjuk az istállótrágya minden olyan befolyását, mely szám szerint nem meghatározható. Ide tartozik a trágya talajlazító vagy talajtömörítő, valamint szerves anyaga bomlásával előálló hőtermelő hatása.

Áttekintésünk azon kísérletek adataira támaszkodik, melyeket a Szász Királyság Mezőgazdasági Szövetsége főtitkárának, dr. Reuningnak ösztönzésére 1851-ben több szász gazda beállított. A kísérletek célja volt: "a legkülönbözőbb körülmények között megállapítani az ún. mesterséges trágyák hatását további elterjesztésük céljából." Az 1854-ig folytatott vizsgálat rozs, burgonya, zab és here növényt foglalt magában. A gazdákat felkérték, hogy csontlisztet, repcepogácsa lisztet, guanót és istállótrágyát alkalmazzanak egy-egy szász holdra és hasonlítsák össze termését az ugyanakkora trágyázatlan területével. Ilyen összehasonlító próbálkozások évszázadok óta folynak. Ezekről a kísérletekről nyomatékosan kijelentették, hogy "nem közvetlenül tudományos célúak". Valójában a legnagyobb tudományos értékűek nemcsak kiterjedésük miatt, hanem mert örökövényű tényeket állapítottak meg kétségbevonhatatlanul. Köszönettel tartozunk azon derék embereknek, akik készségesen végezték el a feladatot. Sajnos nem minden javasolt kísérlet valósult meg a trágyázatlan szántókon. Az alábbi táblázatban közöljük azokat a terméseket, amelyeket Szászország különböző 5 termőhelyén 4 évi trágyázás nélkül kaptak (font/szász hold):

Elővetemény:	?	Tak.keverék	F.here	V.here	Gyep
Termőhely:	Cunnersdorf	Mäusegast	Kötitz	O.bobritzsch	O.schöna
1851-ben rozs					
Szem	1176	2238	1264	1453	708
Szalma	2951	4582	3013	3013	1524
1852-ben burgonya					
Gumó	16667	16896	18577	9751	11095
1853-ban zab					
Szem	2019	1289*	1339	1528	1082
Szalma	2563	1840*	1357	1812	1714
1854-ben here					
Széna	9144	5583	1095	911	-

* Árpa; - Kipusztult a víznyomás miatt

Trágyázatlanul a termés kisebb, a terméstöbbletet az istállótrágyának tulajdonítjuk. Feltesszük, hogy a trágya alkotórészei a többlettermésekben eltávoznak, ami ugyan nem minden esetben igaz. A rotáció végén a talaj eszerint abban az

állapotban van, mint induláskor. Az eltérő termőhelyek terméseiből következtethetünk a földek tápanyagtartalmára vagy tulajdonságaira. De csak nagy óvatsággal, mert az egyes termőhelyeken eltérhetnek más talajtulajdonságok, ill. termésbefolyásoló tényezők is. Ha pl. az elővetemény az egyik földön here, a másikon zab volt, úgy a termések különbözőek lesznek azonos talajtulajdonságok esetén is. A dombos vidékek északi vagy déli lejtői szintén nehezen összehasonlíthatók. Különbséget idéz elő ugyanúgy a tengerszint fölötti magasság, amelytől valamely hely csapadéka függhet. Végül a talaj állapotának és tulajdonságainak megítélésében tekintetbe kell venni az előző év időjárását is. Kedvezőbb külső, vagyis időjárási viszonyok között a talaj nagyobb termést ad tulajdonságainak megfelelően.

Az ún. terméketlen évek ugyanúgy hatnak, mint az ugarolt évek fél trágyaadaggal. Vagyis a későbbi termések kedvezőbbek lehetnek, hiszen kisebb talajkimerüléssel jártak. A szem- és szalmatermés arányát a nedves és az aszályos év megváltoztatja. A tartós nedvesség és magas hőmérséklet kedvező a levél, a szár és a gyökér képződésére. A növény növekedése ugyanis nem szűnik meg és a magképzéshez felhasználható tartalék tápanyagok új hajtások képzésére használandóknak, a szemtermés pedig csökken. A hajtásképződés ideje alatti tartós szárazság az ellenkező jelenséget idézi elő. A gyökerekben felvett tápanyagok most sokkal nagyobb arányban fordítódnak a szemképzésre. A szalma aránya kisebb lesz, mint a szokásos időjárási viszonyok között.

Mindezen körülményeket figyelembe kell vennünk a száz kísérletek trágyázatlan parcelláinak értékelésekor. Amint a fenti táblázatból kitűnik, minden szántóföldnek megvan a maga termőképessége. Egyik sem ad ugyanannyi rozs vagy zab szemet és szalmát, ugyanannyi burgonyát vagy herét, mint a másik. És nincs két pontja egy termőhelynek, melyek e vonatkozásban azonosak lennének. Minden egyes répa súlya és nagysága különbözik még a hozzá legközelebb levőtől is. Ahol a földterület után adót fizetnek, az adó nagyságát a talajbonítálás alapján (sok országban nyolc, másokban tizenkettő vagy tizenhat fokozattal) mérik.

A tápanyagok abszolút mennyisége önmagában nem nyújt eligazítást. Mäusegast talaja kétszer annyi szemet és 1/3-dal több szalmát hozott, mint Cunnersdorfé. Ebből nem következik, hogy a talajok gazdagsága is hasonló arányban tért el. Hiszen a cunnersdorfi föld két évvel később (még mindig trágyázás nélkül) felével több zab szemtermést és szalmát adott, mint Mäusegast, ill. a negyedik évben 60 %-kal több herét termelt. A here a búza legfontosabb tápanyagaiból egynémelyiket éppúgy igényli, a zab tápanyagai pedig azonosak a rozséval. A magasabb termés csak azt mutatja meg, hogy a növény lehatoló gyökerei azon a talajon több felvehető tápanyagot hasznosítottak, a felvehető állapotban nagyobb a kínálat. Az összes tápanyagkészlet jelenlétét a hosszan tartó nagy termések bizonyíthatják. A nagyobb terméseket adó talajokon a tápanyag-részecskék közelebb vannak egymáshoz, nagyobb a tápanyagok sűrűsége.

A terméskülönbségeken túlmenően a szem/szalma aránya is ingadozik. A 10 súlyrész szemre Cunnersdorfban 25, Kötitzben 23, Oberschönában 21, Mäusegastban pedig 20 súlyrész szalmát arattak. A közelebbi vizsgálat azt mutatja, hogy a különbség főképpen a szemtermésben van, míg a szalmatermés néhány font eltéréssel megegyezik Cunnersdorf, Kötitz, Oberbobritzsch esetében. A szemtermésben fennálló különbségek magyarázata egyben a szem/szalma arány változására is magyarázattal szolgálhat. Emlékeztetőül a szalma alatt a szár, levél, gyökér melléktermést értjük. A szalmaképzés mindig megelőzi a szemkép-ződést. Ami a mag-alkotórészekből a melléktermés előállítására szolgál, abból nem lehet mag. Vagyis minél több mag-alkotórészből lesz szalma a korai fejlődési időszakban, annál kevesebb marad abból szemképzésre a végén. Virágzás előtt minden szem-alkotórész része a szalmának, a virágzás után következik be a megoszlás. A szem mennyiségét főként a fel nem használt tápanyagok mennyisége fogja behatárolni.

A szemtermésben mutatkozó különbségek az említett három szántón azon alapszanak, hogy a rozs gyökerei Kötitz talajában 1/11-del, Oberbobritzsch talajában 3/11-del több P-t és N-t találtak felvehető formában ill. vettek fel, mint Cunnersdorf talajában. Vajon mennyi P-t és N-t kellene Cunnersdorf talajába juttatni, hogy a szemtermés elérje Oberbobritzsch termését? Valószínű, hogy 3/11 többlet elég lenne, ugyanis a szemtermés növekedését lényegesen befolyásolják a szár-alkotók, melyek mennyisége a különböző talajféleségekben különböző és nem ismert. A N és P adagolás a szár-alkotók készletéből bizonyos mennyiséget hatékonyra tesz. Miközben a szalmatermés növekszik nem 3/11 N és P marad a szemképzésre, hanem kevesebb. Hogy mennyi, azt az átalakult szár-alkotók összege határozza meg.

A N- és P-trágyázott, valamint a kontroll parcellák szem és szalma termésének relatív viszonyával meghatározható a tartalék száralkotók sűrűsége a különböző talajféleségekben. Ha a trágyázatlan parcella szem/szalma aránya 2:2.5 és a trágyázotton 1:4, akkor a szár elemei uralkodók ezen a talajon. Vagyis sokkal nagyobb a N és P igénye, mely a száralkotók túlsúlyát ellensúlyozhatja és olyan szem/szalma arányt ad, mint az oberbobritzchi talaj. A gazda legfontosabb feladatai közé tartozik földjének ismerete, tápanyag-viszonyainak kiderítése. Mindez lehetővé teszi azon növények megválasztását, melyek az uralkodó tápanyagokat főleglegben igénylik fejlődésükhöz és az elérhető legnagyobb hasznot hozzák. Másrésztől meghatározhatja trágyaszereit, melyekkel az arányokat módosítja.

Burgonya, 1852.

A kapott termések a burgonya táplálására szolgáló talajrétegek tulajdonságait pontosabban mutatják, mint a kémiai analízisek. Mäusegast és Cunnersdorf földjein a tápelemek felvehető tartalma közeli, Kötitz 1/9-del többet, Oberschöna

1/3-dal kevesebbet mutat. Oberbobritzsch talajában kétszer olyan ritkák a tápelemrészecskék, mint Kötitzben. Nem véletlenül a maximális burgonyatermést Kötitz földje adta. A K (a gumókban) és a Ca (a zöld részekben) teszik ki a burgonya uralkodó alkotórészeit, de bizonyos mennyiségű N és P is szükséges. Ha a N vagy a P közül az egyik is minimumot jelent, a termés a minimumban levő elemhez igazodik. Oberbobritzsch szántott rétege gazdagabb N-ben és P-ban Kötitz talajánál, a burgonya termése mégis csak fele akkora. Bizonyos, hogy Oberbobritzsch talajában kevesebb az asszimilálható K és Ca. Egyoldalú K vagy fahamu (K+Ca) trágyázással könnyen ki lehetne mutatni, hogy a két anyag közül melyik hiányzik. Ezzel szemben Cunnersdorf valamivel alacsonyabb burgonyaterméséből nem lehet arra következtetni, hogy szegényebb K-ban vagy Ca-ban. Kötitz rozstermése mutatta, hogy valamivel több P-t és N-t tartalmazott mint Cunnersdorf. Talán ez az oka a magasabb burgonyatermésnek is Kötitzben.

Zab, 1853.

A zab részben a szántott rétegből táplálkozik, de gyökereit messze mélyebbre bocsátja, mint a burgonya. Képletesen szólva nagyobb a vegetációs ereje (életereje) mint a rozsnak, és táplálékot megszerző képessége a gyomnövényekéhez közelít. Cummersdorf Oberschöna után a legkisebb rozs, a harmadik évben viszont a legnagyobb zab szem- és szalmatermést adta. Cunnersdorf földje felül szegényebb és lent gazdagabb, a többi talajon fordított a helyzet. Mäusegast 1853-ban árpát termelt, mely nem jelzi a zabhoz hasonlóan a mélyebb talaj-rétegek tulajdonságait. Mutatja viszont a szántott réteg állapotát, amelybe az előző rozstermés folytán került. Az árpa szemtermése (a rozs által kivont P és N következtében) sokkal kisebb, mint ahogyan azt a talajtól várni lehetett. Kis adagú szuperfoszfát vagy guanó trágya bizonyosan képes volna az árpa hozamát növelni.

Here, 1854.

A heretermések feltárták a növények által igénybe vett legmélyebb talaj-rétegek tulajdonságait a 4. évben. A hozam Cunnersdorfban csaknem duplája Mäusegastnak és 10-szerese Oberbobritzschnak. A here tápanyagai mennyiség és arányok tekintetében közel állnak a burgonyához (zöld részek, szár és gumók együttesen). A növény még jó termést adhat olyan talajon, amelyen a burgonya gyengén fejlődik, feltehetően fejlettebb gyökérrendszere folytán.

Ha a burgonyát két láb mély gödrökbe ültetjük és a növekedésével párhuzamosan töltögetjük (hogy betakarításkor a gödör eltűnjön), gumókat csak a felső rétegben találunk. A gumóképzés mélysége ugyanaz lesz, mintha az ültetés 1.5-2 colra történne és a gyökök a szántott réteg alatt elhalnak. A here

viselkedése ezzel ellentétes. Kötitz szántott rétege pl. határozottan gazdagabb here-tápanyagokban és nagyobb burgonyatermést adott, mint Cunnersdorf. A heretermésekben ez a különbség érdemben nem jelentkezett, mert a here tápanyagainak a legmélyebb talajrétegekből veszi fel. Lássuk most az istállótrágyázott parcellák termését a szász kísérletekben (font/acker):

Elővetemény:	?	Tak.keverék	F.here	V.here	Gyep
Termőhely:	Cunnersdorf	Mäusegast	Kötitz	O.bobritzsch	O.schöna
Trágyázás:	180	194	229	314	897
1851-ben rozs					
Szem	1513	2583	1616	1905	1875
Szalma	4696	5318	4019	3928	3818
1852-ben burgonya					
Gumó	17946	20258	20678	11936	16727
1853-ban zab					
Szem	2278	1649*	1880	1685	1253
Szalma	2992	2475*	1742	1909	2576
1854-ben here					
Széna	9509	7198	1232	2735	-

* Árpa; Kipusztult a víznyomás miatt.
Trágyázás: istállótrágya centner/acker

Az istállótrágyázott földek terméstöbblete a trágyázatlanhoz (font/acker):

Elővetemény:	?	Tak.keverék	F.here	V.here	Gyep
Termőhely:	Cunnersdorf	Mäusegast	Kötitz	O.bobritzsch	O.schöna
Trágyázás:	180	194	229	314	897
1851-ben rozs					
Szem	337	345	352	452	1167
Szalma	1745	736	1006	913	2294
1852-ben burgonya					
Gumó	1279	3362	2101	2185	5632
1853-ban zab					
Szem	259	360*	541	157	171

Szalma	429	635*	385	97	862
1854-ben here					
Széna	365	1615	137	1824	-

* Árpa; - Kipusztult a víznyomás miatt.
Trágyázás:istállótrágya centner/acker

A kimerült talaj közismerten nagyobb terméseket ad istállótrágyával. Azt gondolná az ember, hogy azonos trágyamennyiségek azonos terméstöbbleteket adhatnak különböző földeken. A következő táblázat azt mutatja, hogy a 100 centner istállótrágyára számított terméstöbbletek nagyon eltérőek (font):

Elővetemény:	?	Tak.keverék	F.here	V.here	Gyep
Termőhely:	Cunnersdorf	Mäusegast	Kötitz	O.bobritzsch	O.schöna
Rozs és zab együtt 1851. és 1853. években					
Szem+szalma	1600	1070	998	515	271
Burgonya 1852-ben					
Gumó	710	1732	918	696	628
Here 1854-ben					
Széna	203	832	60	580	-

- Kipusztult a víznyomás miatt

Az univerzális trágyának tekintett istállótrágya hatása növényenként és termőhelyenként eltérő, nehéz következtetni a többlettermés előállítására szolgáló trágya mennyiségére. A 100 centner trágya gabonáknál (szem és szalmából együttesen) 1851. és 1853. években Mäusegastban 2-szer, Cunnersdorfban 3-szor akkora terméstöbbletet idézett elő, mint Oberbobritzschban. Burgonyából Mäusegast csaknem 2-szeresét adta, mint Kötitz; heréből Mäusegast 4-szeresét, mint Cunnersdorf stb. Oberschöna nagy adagú istállótrágyázással nem érte el azt a termést, amelyet Mäusegast trágyázás nélkül megadott. Feltehetően a trágyák összetétele közelálló és a talajban azonos módon hatnak. A terméstöbbletek mégis mindenütt különbözőek. A trágya tehát az egyik talajon háromszor vagy kétszer annyi tápanyagot mobilizálhat a növény számára, mint a másikon. Ez nemcsak a szász földekre igaz, hanem általában. Minden statisztikai adat szerint az istállótrágyával elért terméstöbbletek országoként különböznek. Szigorúan véve minden istállótrágyázott szántóföldnek megvan a maga átlagtermése.

Az istállótrágya hatása a talajtulajdonságokkal és a talaj összetételével függ össze. A minimumban levő tápelemek mennyisége szabályozza és határozza meg a termések nagyságát és tartósságát. A K-szegény talajon pl. a fahamu hatékonyabb

lehet, mint az istállótrágya, vagy P-szegény talajon a szuperfoszfát lehet előnyösebb, mint az erős istállótrágyázás. Az istállótrágya többkomponensű összetett anyag, ezzel magyarázható eltérő hatékonysága különböző minőségű talajokon. Teljesen közömbös minden tápanyag bevitele, melyeket a föld fölöslegben tartalmaz. Csak azon alkotórészek hatnak kedvezően, melyekkel a talajban egy vagy két tápelem hiánya kiküszöbölhető. A tápanyagban szegényebb földön több trágyát kell adni, hogy a termések kiegyenlítődjenek.

A K-szegény talajon az istállótrágya K-tartalmával, Ca és Mg hiánya esetén Ca és Mg, Si és Cl vagy Fe hiánya esetén a Si és Cl vagy Fe kínálatával érvényesül. Ez magyarázza népszerűségét a gazdák körében. Univerzális trágya tehát abban az értelemben, hogy mindenféle tápanyaggal rendelkezik. Minden esetben előnyös a használata ezért és feleslegessé teszi, hogy a gazda a fejét törje. Igaz, hogy gondolkodással esetleg sokkal olcsóbban tudná földjét termékkennyé tenni. Növelhető a termés pl. guanóval, csontliszttel, repcepogácsával is, azaz olyan anyagokkal, melyek az istállótrágyának csak bizonyos alkotórészeit tartalmazzák. Hatásuk a minimum-törvény alapján magyarázható. Míg a gazda ezt a törvényt nem ismeri, racionális és valóban gazdaságos felhasználásukról szó sem lehet. Vagy sokat ad belőlük, vagy nagyon keveset. A túl kevés nem szorul magyarázatra. A túl sok azon a téves nézeten alapul, hogy a hatás az adaggal arányos. A termés nem nő a trágyaadaggal arányosan csak egy határig, melyre J. Russel (Craigie House, Agri. Journal of th. R. Agr. Soc. Vol. 22. 86. old.) alábbi kísérlete szolgáljon például. A táblát több parcellára osztották és a répát három soronként eltérően trágyázták. A szuperfoszfátot kénsavval feltárt csonthamuból állították elő:

Parcella száma	Szuperfoszfát centner/acre	Répa termése centner/acre
1	Trágyázatlan	340
11	Trágyázatlan	320
7	3 centner	480
5	5 centner	535
6	5 centner	497
8	7 centner	499
9	10 centner	490

A tábla talaja tulajdonságaiban és tápanyagtartalmában meglehetősen egyenetlen, középen szegényebb mint a széleken. Tény viszont, hogy a 3 centner feletti trágyázás már nem növelte a terméseket. Nem tudjuk, hogy a szuperfoszfát mely alkatrésze volt hatékony. A Ca, Mg, S, P egyaránt nélkülözhetetlen tápanyagai a répának. Alkalmam volt meggyőződni, hogy egyik földön a gipsz (némi konyhasó hozzáadásával), másikon a Mg-szulfát a répatermést nagyobb arányban növelte, mint a szuperfoszfát, bár utóbbi általában hatékonyabb trágyaszor. Feltehetően a minimum-törvény nemcsak egy tápanyagra érvényes, hanem mind-

egyikre. Itt eltekintünk a Münchener Kísérletek (Zöllner, Journ. f. Landwirtsch., neue Folge, I. Köt.) eredményeitől, melyek szerint a tápanyagkinálat növelésével a növényi felvétel is javul és megváltoznak a növényben lejátszódó kémiai folyamatok, ill. a növény összetétele is módosul. Az előbbi kísérletben 6 centner guanó alkalmazásával (mely 2 centner szuperfoszfátnak felel meg) 630 centner répa terméstöbbletet kaptak, azaz 130 centnerrel többet, mint a szuperfoszfáttal. Kérdés, hogy a guanóban levő K vagy az ammónia idézte elő a növekedést.

A szász kísérletek adatai szerint is a gazda különböző mennyiségű istállótrágyát használ. Részben annyit ad, amennyi van. Másrészről ha az erősebb trágyázás nem kifizetődő, szükségszerűen csökkenti az adagot. Ezek szerint nem véletlen, hogy Cunnersdorf 180 centnerrel megelégszik, míg Oberbobritsch 314 centnerrel trágyáz. Tehát nem a hangulat vagy a véletlen, hanem az elérendő cél szabályozza alapvetően a trágya mennyiségét. A gazda cselekedetét természeti törvény szabja meg, melynek hatását ismeri, bár maga a törvény rejtve marad előtte. A trágyaadag fordítottan arányos a talaj felvehető ásványi alkotórészének mennyiségével. A tápelemekben gazdag szántó kevesebbet igényel ugyanazon terméstöbblet előállítására, mint egy szegényebb. Mivel az istállótrágya a feltakarmányozott herének, répának és a füveknek köszönheti leginkább hatékony alkotórészeit, a szántóra szükséges trágyamennyiség fordított arányban áll a trágyázatlan föld here, répa vagy fű termésével. A szász kísérletek azt mutatják, hogy ez a következtetés legalábbis egy vonatkozásban nem lehet messze az igazságtól. A trágyázatlan parcellák hereterméseit az istállótrágya mennyiségével összehasonlítva a következőket kapjuk:

Cunnersdorf	Mäusegast	Kötitz	O.bobritsch	O.schöna
Heretermés font/acker, 1854.				
9144	5583	1095	911	-
Istállótrágya centner/acker, 1851.				
180	194	229	314	897

- Kipusztult

Cunnersdorf talaja tápanyagokban a leggazdagabb és a minimális istállótrágyát kapta. Oberbobritsch pedig fordítva, a legkisebb heretermést adta és nagy trágyaadagot kapott. A heretermés nyilvánvalóan nem az egyetlen tényező, amely az istállótrágya mennyiségét meghatározza. A hereszenében nem jelentős pl. a kavasav, melyet a gabonafélék igényelnek. Ezért az istállótrágya (szalma-trágya) mennyiségnek fordított arányban kell állnia a talaj felvehető kavasav készletével. A szász kísérletek istállótrágyázott parcelláin nyert rozsszem és -szalma terméstöbbleteit összevetve az alábbiakat látjuk:

Termőhelyek:	Cunnersdorf	Kötitz	O.bobritsch
Trágyázás*:	180	229	314

	1851-ben rozs, font/acker		
Szem	337	352	452
Szalma	1745	1006	913

* Trágyázás: centner/acker

A szalma-tápanyagokban leggazdagabb Cunnersdorf (mely a legkisebb istállótrágyázásban részesült) adta a legnagyobb szalmatermést. A szem/szalma aránya a terméstöbbletben 1:5. Belátható, hogy a szalmatrágyával való takarékosság ezen a földön helyes volt. A szalma-alkotórészekben viszonylag szegényebb Oberbobritzsch 85 centnerrel több istállótrágyát igényelt Kötitznél, hogy a többlettermésben ugyanazt az 1:2 szem/szalma arányt produkálja, mint trágyázás nélkül. Az üzem racionálisnak nevezhető, ha a gazdálkodás a talaj természetéhez és tulajdonságaihoz igazodik. A legnagyobb hasznót úgy érheti el a gazda munkájával vagy tőkebefektetésével, ha a vetésforgó vagy a trágyázás talaja összetételének megfelel. Az oberbobritzsch-i és cunnersdorfi talajok tulajdonságai eltérnek, ezért pl. ha az egyik helyen előnyös a vetésforgó, nem biztos, hogy a másikon is megfelelő lesz. Kísérletekkel könnyen megállapíthatók a minimumban levő tápelemek, ill. az okszerű trágyázás módja. Ilyen dolgokban a gazdálko-dónak a maga útján kell haladnia, mert biztonságosan csak a saját tapasztalatára támaszkodhat.

A balga kémikus analíziseivel bizonyítani kívánja a talaj kimeríthetőségét ebből vagy abból a tápanyagból, férevezetve a gazdát. A föld termékenysége nem az egyik vagy másik tápanyag összegével áll arányban, hanem annak a növény által felvehető részével. A felvehető készletet mind ez ideig csak a növény által lehet meghatározni. A kémiai analízis legfeljebb kiindulópontot adhat két talaj eltérő viselkedésének megértésére. Az orosz csernozjom termékenysége pl. a gabonafélékre közmondásos és az analízisek alapján 20 col mélységig 700-1000-szer annyi K-ot tartalmaz, mint amit a répatermés igényel. A cukorrépa termesztés tapasztalatai szerint 3-4 év után a talaj mégis annyira kimerülhet hatékony K-ban, hogy pótlás nélkül nem ad többé kifizetődő termést.

Gabonaféléknél a szem/szalma arálynak van egy optimuma. Mind a túl magas, mind az alacsony szalmatermés korlátozza a szemtermést. Az 1:2 szem/szalma arány kedvező a szemképzést tekintve, ezért trágyázással nem szabad lényegesen módosítani. A trágyaféleségeket úgy kell megválasztani, hogy a talaj összetétele ne változzon. Bizonyos trágyák ugyanis a zöld növényi részeket, mások a szemtermést befolyásolják. Ismert, hogy a P elsősorban a gabona, míg a gipsz a here termését növeli. Utóbbi trágya egyben mérsékelheti a szem-képződést. Az erősebb trágyázás konyhasóval a gyökér- és gumótermést korlátozza. Burgonya vagy csicsóka termelésével a fölöslegben felhalmozott, zöld részek képződését elősegítő anyagok csökkennek. Elméletileg a talajtulajdonságok bizonyos állandóságát megőrizhetjük, de ez nem érhető el egyedül az istálló-trágyával.

Később be fogom mutatni, hogy az istállótrágyázás következtében a szántó minden forgó után más összetételű lesz.

A szász kísérletekhez kapcsolódva érintenünk kell a talaj áteresztő képességét. Cunnersdorfban a heretermést 4 %-kal növelte a trágyázás, míg Mäusegastban 30, Oberbobritschban pedig 200 %-kal. Feltehetően a here tápanyagai Mäusegastban és Oberbobritschban mélyebbre hatoltak a talajba, mint Cunnersdorfban és Kötitzben. Vagy ami ugyanazt jelenti, a talaj felső rétegeiben nem kötődtek meg. A trágyázatlan parcellák termései alapján Cunnersdorf nem volt rosszabbul ellátott szalma-alkotórészekben, mint Kötitz és Oberbobritsch. Határozottan szegényebb viszont a szem tápanyagaiban, vagyis P-ban és talán N-ben. Szegénysége miatt ezért több tápanyagot köt meg, mint a két másik talaj.

Megfigyelhető a burgonya és a zab termésének növekedéséből, hogy bizonyos trágya-alkotórészek eljutottak azokig a talajrétegekig, amelyekből a zab táplálkozik. Az altalaj tápanyag-gazdasága a szántott réteget is felülmúlta és így lehetővé tette, hogy némi tápanyag átjusson a herébe. Ezzel szemben Kötitz alacsony zabterméseiből kitűnik, hogy talaja a mélyebb rétegekben szegényebb szem- és szalma alkotórészekben Cunnersdorfnál. A szántott réteg viszont szem-alkotórészekben gazdagabb lehet. Bár Kötitz 1/4-del több istállótrágyát kapott Cunnersdorffal összehasonlítva, a trágya nagy része nem táplálta a herét. A feltalaj zab szemtermés-többlete Kötitzben több mint kétszerese Cunnersdorfénak. Mäusegastban hasonló viszonyok mutatkoztak. A szántott réteg szokatlan gazdagsága szem és szalma tápelemekben viszonylag csekély abszorpciót eredményezett, az oldatba kerülő trágyaalkotórészek tekintélyes mennyisége mélyebb rétegekbe ért. A hatékony trágyaalkotórészek egyenletesen gazdagították Oberbobritsch talaját. Ez megmutatkozik az egymást követő kiegyenlített terméstöbbletekben. Mindez visszavezethető a földek homokos jellegére ill. minőségére a többi tárgyalt talajféleséggel szemben. A talajok adszorpciós tulajdonságai informálhatják tehát a gazdát a trágyatápanyagok várható mozgásáról és így segíthetik a megfelelő trágyázási technika megválasztásában.

Jelentéktelennek és kicsinek tűnik mindaz, amit mi alkotunk a gazda eredményeihez képest. A tudományban és művészetben elért haladás érdemben nem gyarapítja az ember létének feltételeit. Bár a társadalom szűk rétege szellemi és anyagi javakat nyer, a nagy tömegek nyomora változatlan marad. Az éhező nem megy a templomba és az iskolás gyermek üres gyomorral nem járhat iskolába. Kenyeret kell biztosítani számukra. A gazda előrehaladása ezzel szemben enyhíti az emberek szükségletét és gondjait. Befogadóképessé teszi őket arra a jóra és szépre, amit a művészet és a tudomány hoz létre. Ő teremti meg a feltételeket a léthez és igazi áldást hoz.

A továbbiakban vizsgáljuk meg, miként változik a talaj összetétele az istállótrágyázással. A termékenység helyreállításának mechanizmusa trágyázással minden talajon azonos, nem függ a rotációtól, növényfajoktól. A birtokon feltakarmányozott növények (répa, here, fű stb.) alkotórészei nagyrészt a mélyebb

talajrétegekből származnak, melyeket a gabonafélék gyökerei nem érnek el. Az állatok testében a növényi tápelemek kisebb része marad, a nagyobb rész folyékony vagy szilárd ürülék formájában az istállótrágyába kerül. Az istállótrágya fő tömegét az alomnak felhasznált szalma alkotja.

Németországban a burgonyát közvetlenül nem takarmányozzák fel, csak a szeszfőzésre történt felhasználást követően. A szeszfőzés melléktermékei a burgonyával kivont tápanyagok teljes mennyiségét tartalmazzák a cefrefőzéshez használt árpamaláta alkotórészeihez hasonlóan. Mivel rendszerint az istállótrágyával a szántott réteg a szalmát visszakapja, a szalmatermés feltételei nem romlanak. Ami a feltakarmányozott herét, répát, burgonyacefrét stb. illeti, tápanyagaik egy része az állatba és az állati termékbe épül és veszteségként jelentkezik. Ez a veszteség legfeljebb 1/10-ét jelentheti a P-nak, így feltehetően a 9/10-e a trágyával a talajba jut. Takarmánynövényekkel mélyebb rétegekből felhozott tápelemek a szántott réteget gazdagítják. Az altalaj fokozatosan elszegényedhet és a répa valamint a here termései csökkennek. Az állati testbe épült talajalkotók összetétele közeláll a gabonafélékhez, így hozzájárulnak a talajkimerüléshez. Ha az istállótrágya csak a szalma és a burgonya tápelemeit tartalmazná, használata csak e növények termőképességét állítaná helyre, nem a szemtermését.

A feletetett szemestakarmányok tápelemkészletének egy része is a trágyába kerül. Ha ez a bevitel nagyobb mint a veszteség, úgy a szántott réteg gazdagodik P-ban és N-ben is. Nagyobb arányban nő azonban a K, Ca és a Si, mivel a kivont szalma-alkotórészek egésze visszatér a szántóföldre. Ebből adódóan egyaránt nőhet mind a szem és a szalma, mind a burgonya termése. Minden termőföldön bekövetkezhet azonban egy időpont, amikor az altalaj a here vagy répa kultúrákkal szemben éppen úgy viselkedik, mint a szántott réteg a gabonafélékkel szemben. Az altalaj kimerülése lassú folyamat. Amikor a mélyen gyökerező here már nem hoz jó termést, más növények még nagy hozamokat adhatnak hosszú ideig, amennyiben a szántott réteg korábban gazdagodott szem-alkotókban.

Miközben bükkönyt, fehérherét és más takarmánynövényt iktat a gazda üzemébe, melyek táplálékukat a felső talajrétegekből veszik, sikerül állatállományát egyenesben tartani. Úgy vélekedik, hogy földjén minden éppen úgy van mint régebben, amikor a here vagy a répa még jó terméseket adott. Valójában szemterméseit most a szántott rétegben felhalmozott tápanyagok rovására éri el, melyeket a közbeiktatott takarmánynövények hoznak mozgásba. A tápanyagokat minden periódus után ismét beforgatja a szántott rétegbe istállótrágyázással. A trágya mennyisége talán még nagyobb lehet, mint azelőtt. A mélyebb rétegekből azonban a here vagy répa már nem hoz fel több tápanyagot, így a szántott réteg termékenysége állandóan csökken. Amikor a fölösleg elfogy, a szemtermések is csökkennek. A szalmatermések ezzel szemben sokáig magasabbak lehetnek mint régen, hiszen a szalmatápanyagok túlsúlya erősödik.

A szemtermés-csökkenés arra ösztönzi a gazdát, hogy drénezzon és jobb mechanikai talajművelést végezzen, újabb kultúrnövényeket válasszon, melyek helyettesítik a herét és a répát. Ha az altalaj megengedi, forgójába lucernát vagy baltacimot állít be, melyek hosszabb és elágazóbb gyökereikkel mélyebb talajrétegeket érnek el, mint a vöröshere. Végül az igazi inség-növényt, a sárga csillagfürtöt veti. A gazdálkodás ilyen "javításával", melyet a gazda haladásnak tekint, ismét nőhetnek szemtermései az istállótrágya-gazdálkodásban. Átme-netileg újra gazdagodhat a szántott réteg, a mélyebb raktárak azonban még inkább kiürülnek. Végül a szántott réteg készlete is kimerül és ez már az istállótrágyázó gazdálkodás természetes befejezése.

A szász kísérletek termőhelyei jól példázzák azon talajállapotot, melyet a tiszta istállótrágya-gazdálkodás teremtett. Cunnersdorf az első, Mäusegast a második, Kötitz és Oberbobritsch földjei az istállótrágya gazdálkodás harmadik periódusában találhatók. Cunersdorf kimerült szántott rétege minden here-forgóval gazdagodik a szemtermés feltételeiben. A jelentős heretermésekkel ugyanis nemcsak a gabonatermesztés folytán előállott veszteségek pótlódnak. Évek múlva, folytatólagos istállótrágyázást feltételezve, a föld Mäusegast tulaj-donságait fogja mutatni. A szántott réteg nagy termőképességet nyer majd a gabona és más termények számára, míg a heretermések csökkennek.

Kötitz és Oberbobritsch földjei nagy valószínűséggel korábban Mäusegast tulajdonságait mutatták. Ezzel nem azt mondtuk, hogy éppen olyan magas terméseket adtak, de a trágyázatlan parcellák termékenysége magasabb volt korábban. Rétek vagy más külső földek hozzájárulása nélkül a terméseknek állandóan csökkennie kell. Amit a here e két helyen a szántott rétegnek ad messze nem elegendő arra, hogy pótolja a kivontat. A következő számításban feltételeztük, hogy a rozs és a zab a felvett tápanyagokat teljes egészében, míg a burgonya és here 1/10 részben állati termék formájában vitte el a talajból. Az alábbi P_2O_5 és K_2O tartalmakkal dolgoztunk:

Tápelem megnevezése	Rozs		Zab		Burgonya	Here
	szem	szalma	szem	szalma	gumó	széna
P_2O_5	0.86	0.12	0.75	0.12	0.14	0.44
K_2O	0.47	0.52	0.38	0.94	0.58	1.16

Cunnersdorf szántott rétegének mérlege pozitív, istállótrágyában több tápelemet kapott, mint amennyit a terméssel veszített (font/acker):

Mérleg tételei	P_2O_5	K_2O
Kivont tápelem: 1176 font rozsszemben	10.2	5.5

2019 font zabszemben	15.3	7.7
1/10 burgonyatermással	2.3	1.1*
1/10 hereterméssel	4.0	2.0*
Összesen	31.8	16.3
Pótolt tápelem:		
9144 font hereszéna 9/10-e	36.18	95.5
Egyenleg	+4.38	+79.2

* A szem 2:1 = P_2O_5 : K_2O arányaival számolva és feltételezve, hogy e növények K-felvétele döntően az altalajból történt.

Mäusegast szántott rétegének mérlege (font/acker):

Kivont:		
rozs és árpa szemterméssel, valamint 1/10		
burgonya + 1/10 here terméssel összesen	35.4 P_2O_5	18.1 K_2O
Pótolt: 9/10 hereterméssel	22.0 P_2O_5	62.0 K_2O
Egyenleg:	-13.4 P_2O_5	+43.9 K_2O

Kötitz szántott rétegének mérlege (font/acker):

Kivont:		
rozs és zab szemterméssel, valamint 1/10		
burgonya + 1/10 here terméssel összesen	26.4 P_2O_5	12.7 K_2O
Pótolt: here termésével	8.5 P_2O_5	11.0 K_2O
Egyenleg:	-17.9 P_2O_5	-1.7 K_2O

Oberboritzsch mérlege Kötitzhez hasonló. Amint a fenti számítások mutatják, Mäusegast szántott rétege a magasabb heretermések következtében még K-ot nyer, addig Kötitz K-gazdag talajának készlete fokozatosan csökken a kalászosok termesztésével. E három termőhely tükrözi a termőföldek állapotának alakulását a

tiszta istállótrágya-gazdálkodásban, melyeknél a külső trágyákkal történő pótlás ki van zárva. A vásárolt takarmány vagy a természetes rétekről nyert széna felhasználása azonos a trágyák vásárlásával. Magától értetődő, hogy egy talajra nem lehet több trágyát kivinni, mint amennyit termel.

Megfigyelhető, hogy a vetésforgós gazdálkodásban a szántott réteg fokozatosan gazdagodik K, Ca, Mg (a here és a répa uralkodó alkotórészei), valamint Si (az istállótrágyában bevitt szalma uralkodó alkotórésze) elemekben. Ezek az anyagok a legfőbb feltételei a zöld növényi részek és gyökér képződésének. A termőföld, mint a gazda mondja, hajlamos az elgyomosodásra. Ez olyan baj, mely szükségszerű következménye az istállótrágya-gazdálkodásnak és elhárítására a vetésforgót nélkülözhetetlennek tartják. A legkárosabb gyomnövények között említhető a repcsényretek (*Raphanus raphanistrum*), a konkoly (*Agrostemma githago*), a búzavirág (*Centaurea cyanus*), a kamilla (*Matricaria chamomilla*), az *Anthemus arvensis*, a vadon termett kamilla. A gyomnövények éppen annyi K-ot tartalmaznak mint a here, valamint 7-18 % K-kloridot. Egy sőt, mely fő alkotórésze az állatok vizeletének és az istállótrágyával kerül a szántóföldre.

Hamu és összetétele	II. Matric cham.	I. Matric cham.	Anthemus arvensis	Centaurea cyanus	Agrostemma githago
Hamu %	8.51	9.69	9.69	7.32	13.20
A hamu tartalmaz:					
K-oxid	25.49	32.39	30.57	36.54	22.86
K-klorid	18.40	14.25	7.25	11.88	7.55
Foszforsav	5.10	7.80	9.94	6.59	6.64
Fe-foszfát	2.39	2.39	4.77	2.34	1.80

Rüling: *Annalen der Chem. und Pharm.* 56. köt. 122. old.

Sokan azt hiszik, hogy kapálással a gyomnövényeket vissza lehet szorítani. Valójában a mechanikai művelés a gyomok fejlődését későbbi időre tolja, de nem akadályozza meg. A vetésforgó mindenkor a gabonafélékhez igazodik. Azokat a növényeket helyezzük előtérbe, melyek termesztése a gabona hozamait nem befolyásolja kedvezőtlenül, sőt talán előnyösek is. A forgó növényeinek megválasztását a talaj tulajdonságai behatárolják. A szalma alkotóelemeiben gazdag földön célszerű a búza előveteményeként dohányt vagy repcét, a rozs elé pedig répát vagy burgonyát vetnünk. Az említett kultúrák nagymennyiségű szalma-alkotórészt vonnak ki a talajból, helyes arányt teremtve a szalma és szem tápanyagok között az utánuk következő gabona számára. Ezáltal a gyomnövények elterjedésének feltételeit is csökkentik a termőrétegben.

Úgy vélem a szász kísérletek teljes betekintést nyújtanak az istállótrágya-gazdálkodás lényegébe. Ezen földek viselekedésében visszatükröződik a földműve-

lés története. Az első időben ill. a szűz talajon gabonát termesztettek gabona után. Ha a termések csökkennek, cserélik a földeket. A lakosság szaporodása ennek a vándorlásnak fokozatosan határt szab. Ekkor ugyanazt a területet folytonosan művelik, ugarolnak és trágyázni kényszerülnek, hogy a földek elvesztett termőképességét helyreállítsák. Trágyát a természetes rétek szolgáltatnak. Ha ez többé nem elég, akkor takarmányt termesztettek a szántón is. Az általajt mesterséges rétként hasznosítják. Kezdetben megszakítás nélkül vetnek herét és répát, majd nagyobb időközöket iktatnak be. Végül abbahagyják a takarmánynövények termesztését és ezzel az istállótrágya-gazdálkodást. Végző következmény a talaj teljes kimerülése, amennyiben az eszközök lassan elfognak a földek termőképességének visszaállítására.

Mindez természetesen rendkívül lassan megy végbe, majd az unokák és dédunokák látják az eredményt. Ha a birtokok közelében erdők vannak, úgy erdei alommal igyekszik segíteni magán a gazda. Feltöri a természetes réteket, melyek még növényi tápanyagokban gazdagok és szántófölddé alakítja. Azután felégeti az erdőket és a hamut trágyázásra használja. Ha a népesség csökken, a szántót kétévenként egyszer veti be (mint Kataloniában), majd háromévenként egyszer (mint Andaluziában). Már V. Károly császár kiadott rendeleteket, melyek előírták a szántók újból rétekké alakítását. Az V. Károly előtti első katolikus királyok és korábban a kasztíliai Rettenetes Péter is így rendelkezett. A 14. század elején Alfonzo Onzeno király rendelkezett a rétek és legelők védelméről. (Karl Thienen - Adlerflycht báró: Bilder aus Spanien. Berlin Dunker. 241. old.). Mindez nem járt eredménnyel. A leghatalmasabb uralkodó is tehetetlen a természeti törvény hatásaival szemben.

Az európai mezőgazdaság siralmas helyzetben van. Mindenütt a földön, ahol nem gondoskodnak a talajtermékenység megőrzéséről, a termőképesség csökken és a vidékek elnéptelenednek. A hanyatlás okát általában politikai cselekményekben és az emberekben keressük, akik kétségtelenül részesei az eseményeknek. Vajon a jelenség mögött nem rejtőzik egy mélyebb, a történészek számára fel nem ismerhető tényező? Az önfenntartás könyörtelen törvénye érvényesül a népek életében és a pusztító háborúkban. A népeknek is van ifjúsága, öregkora és azután kihálnak. Így néz ki ez távolról. De közelebbről felismerjük, hogy fennmaradásuk feltételei a földben rejlenek és azok nagyon is korlátozottak ill. kimeríthetők. Saját sírját ássa meg az a nép, mely nem képes megőrizni földjének termékenységét és fennmaradnak azok a nemzetek (pl. Kína, Japán), melyek erre képesek. Nem a föld termékenysége, hanem annak tartóssága függ az ember akaratától. A kimerülő területekről induló elvándorlás egy gazdagabb talajú országot kipusztíthat és újra benépesíthet. Mindez talán a Föld egésze számára mindegy.

Vajon pusztán a hangulatnak vagy a véletlennek tulajdonítható, hogy a földművelő paraszt Valenciában évente háromszor arat, míg a szomszédos vidéken ugarolnak és csak háromévenként vetnek? Spanyolországban sem a véletlen műve, hogy az erdőket gyakran felégetik és a fák hamujával a szántó-földeket trágyázzák. Belátható, hogy a legtöbb országban évezredek óta folyó gazdálkodási

mód még a legtermékenyebb talajokat is kimeríti. Az európai kultúrországokra ugyanezen okokból hasonló sors vár. Az emberi társadalom és a közjólét elleni büntett ama nézetnek terjesztése, hogy a talaj kimeríthetetlen és a takarmánynövényekre a talajkimerülés természeti törvénye nem érvényes. Az ilyen tanok konzerválják mezőgazdaságunk elmaradottságát. Fel kell ismerni a földművelés valódi szépségét. Szellemi tartalma és csaknem lelke van, nem csupán hasznossága miatt áll minden ipar felett. A természet nyelvét értő gazdának nemcsak megélhetést nyújt, hanem olyan élvezetet is, mint a tudósnak az alkotó munka.

Az emberi társadalom minden baja közül kétségtelenül a legnagyobb a tudatlanság. A szegény tudása folytán gazdag lesz. A tudatlan gazda észrevétlenül szegényedik el, szorgalma, gondossága és fáradozása csak sietteti romlását. Földjeinek termése állandóan csökken és hasonlóan tudatlan gyermekei vagy unokái végül képtelenek lesznek megmaradni a földön, amelyen születtek. Földjük azoknak a kezére jut, akiké a tudás. Mert a tudásban az erő, amely a tőkét és a hatalmat megszerzi. A természet törvénye szerint a tudatlan gyengét az atyai örökségből kiűzik. Az állatról a természet gondoskodik, az az ő ura. Nem gondoskodik viszont az emberről, mivel utóbbi képes Isten gondolatait megérteni és ura a természeti törvénynek, mely segíti és szolgálhatja. Az állat tudását és képességeit magával hozza a világra. Az embernek a Teremtő értelmet adott elkülönítve az állattól. Ezzel az isteni adománnyal sáfárkodnia kell, mely: "Akinek van, annak adatni fog. És akinek nincsen, attól az is elvétetik amiye van." Csak a tudással szerzett hatalom uralhatja a földi erőket.

A tudás hiányából származó tévedésnek is megvan a jogosultsága. Nem ragaszkodunk hozzá ha felismertük. A tévedés harca egy új igazsággal az ember természetes küzdelme a felismerésért. Ebben a küzdelemben átmenetileg győzhet a téves eszme, s az új igazságnak ekkor még erősödnie és fejlődnie kell. A jó ellensége mindig is a jobb volt. Nehéz azonban elfogadni, hogy miért ellensége oly sok esetben a tudatlanság az értelemnek. Nincs olyan ipar, mely kiterjedt működéséhez több ismeretet követelne, mint a mezőgazdaság. És nincs olyan, melyben a tudatlanság nagyobb volna. A vetésforgót alkalmazó gazda üzeme a kizárólagos istállótrágya-használaton nyugszik. A számtalan utalás ellenére képtelen felismerni, hogy az istállótrágya növelését célzó minden erőfeszítése sem vezethet a talajtermékenység érdemi növeléséhez. A jelenlegi terméseket az apák vagy nagyapák terméseivel összevetve konstatálhatjuk, hogy azok nem nőttek. A szalmahozamok átlagosan magasabbak, míg a szemtermések alacsonyabbak. A gazdák kénytelenek egyre több pénzt költeni trágyaszerek vásárlására. Azokra a trágyaszerekre, melyekről korábban úgy vélték, hogy "elő tudják állítani". Hasonló helyzetbe jut idővel a háromnyomásos gazdálkodás. A talajtőke fenntartja gazdaságát, amíg gazdag rétjei és földjei vannak és a trágyahiány nem érinti. Éppolyan gazdag termést kaphat egy ideig, mint a vetésforgós trágyázott. Földjei azonban kimeríthetők. Tévedés azt gondolni, hogy a gazda művészetének lényege a trágya szemmé és hússá alakítása.

Természetesen a tápanyagfőlösleggel rendelkező földek trágyázása ellentmondana a gazdálkodásnak. Milyen célt szolgálhat a tápanyag gyarapítása ott, ahol a bősége miatt nem lehet hatékony? Miért beszélnek ugyanakkor értelmes emberek főlöslegről ott is, ahol a termések eléréséhez trágyázni kényszerülnek! Akiknél a termés csökken, ha nem trágyáznak! Bizonyos vidékeken a földművelés már a rómaiak idején is virágzott, a talaj mégis ugyanolyan gazdag, sőt még magasabb terméseket ad, mint másutt. Mindez azt bizonyítja egyesek szerint, hogy nem kell a földek kimerülésére gondolni a folyamatos termelés következtében.

A földművelés valójában az európai kultúrországokban még nagyon fiatal. Erre utalnak a Nagy Károly idejéből származó iratok. Birtokainak gazdálkodására vonatkozó rendeletei (*Capitulare de villis vel curtis imperatoris*) előírásokat tartalmaznak kezelői számára. A hivatalnokok is jelentéseket készítettek (*Specimen Breviarii rerum fiscalium Caroli Magni*), akiknek a császár parancsára minden birtokot meg kellett tekinteni. Az említett írásos bizonyítékok szerint ekkor még tulajdonképpen földművelésről szó sem volt. Gabonatermesztésről a *Capitulare*-ban kevés található, kivéve a kölest.

A *Breviarium* hírt ad arról, hogy a jószágigazgatók Stefanswerthben (a császár egyik kamarabirtoka, melyhez 740 kamarai hold szántó és rét tartozott) 600 szekér szénát tudtak betakarítani. Gabonafélékről nem tudósít, viszont nagyszámú állat, 27 sarló és mindössze 7 széles kapa kellett a 740 hold megműveléséhez. Egy másik birtokon 80 kosár tönkölybúza volt, mely 400 font lisztre elég (1 1/3 véka vagy valamivel több mint 3 hektoliter); 90 kosár a folyó évről, amiből 450 font lisztet lehet készíteni. Ezzel szemben 330 sonka! A következő birtokon a termés vagy készlet 20 kosár tönkölybúza (= 100 font liszt) az előző évről és 30 kosár ez évről, amiből egy lett elvetve. Az állattenyésztés volt ekkor az uralkodó és a gabonatermesztés alárendelt szerepet játszott. Megjegyzésre méltó, hogy Nagy Károly birtokain a háromnyomásos gazdálkodást vezette be, melyet Itáliában ismert meg. Egy okmány a Károly utáni korból erről azt mondja: "Évente három holdat kell egy birtokon megszántani és uradalmi maggal bevetni." (*Die Getreidearten und das Brod von Freih. von Bibra. Nürnberg. Schmid 1860*). Ezek szerint nincs bizonyítékunk arra, hogy Németországban, Franciaországban (talán Itália kivételével) valamely szántóföld Nagy Károly idejétől kezdve máig gabonatermesztésre szolgált volna. A földek kimeríthetetlen-ségének ilyen bizonyítéka elfogadhatatlan. Különböző kísérletek tanúsítják a talaj tápelemeinek rohamos csökkenését viszonylag rövid időszak alatt, amennyiben a trágyázás szünetel. Rothamstedben a 15 éves gazdálkodás a hatékony K-nak kb. a felét vonta ki a talajból (J. v. Liebig).

A kiterjedt állattartás a trágyázást megkönnyítheti. A talaj javításának ez az eszköze már Nagy Károly idejében is jól ismert. Az őszi vetésű növényeket istállótrágyával trágyázták, a szarvasmarha trágyát (Gor-nak nevezték) a lótrágyától ("Dost" vagy "Deist") megkülönböztették. A márgázás is szokásos volt már ekkor Németországban. Az első művelésbevételekor gazdag egymást követő termésekre számíthattak minden trágyázás nélkül, mint napjainkban az Amerikai

Egyesült Államokban. Jól tudom, az említett történelmi tény kevésbé lehet meggyőző gyakorlati ember számára. A gyakorlati államférfi viselkedéséhez hasonlóan cselekedeteit nem a történelmi tanulságok, hanem a "körülmények és viszonyok" határozzák meg. Közben azt hiszi, hogy az eseményeket irányítja.

Ahol 4000 éve megszakítás nélkül magas és állandó terméseket kapnak "trágyázás nélkül", a visszapótlás törvénye szembetűnően felismerhető. A Nilus völgyében és a Gangesz medencéjében azért termékenyek a földek, mert a természet maga gondoskodik trágyázásukról a folyó áradása útján. A tápanyagok részben a vízben oldva, részben adszorbeálva a folyók iszapjában találhatóak és helyreállítják a talajok termőképességét. Az áradással nem érintett terület elveszíti azt a képességét, hogy trágya nélkül teremjen. Egyiptomban a Nilus vízállásának magassága alapján becsülik a termést. Indiában az áradás kima-radását elkerülhetetlenül követi az éhínség. A természet maga mutatja meg tehát az értelmes embernek, mit kell tennie földjei termékenységének megőrzéséért.

A gazdák egyrésze a visszapótlás törvényét felismeri, azonban sajátosan interpretálja. Szerintük kultúrtalajokon csak bizonyos elemekből szükséges visszapótlás, más anyagok kimeríthetetlen mennyiségben vannak jelen. Kémiai analízisekre támaszkodó szélhámosok felsorolják az együgyű gazdáknak, milyen gazdag a földjük ebben vagy abban az anyagban és hány százezer termésre elég a készletük. Nem vesznek tudomást arról, hogy a tápanyagoknak azon része amely a termést adja, nem határozható meg. Emlékszem egy esetre, amikor egy csaló Al-oxid érclepet magas áron vételre ajánlott egy gazdag embernek. Kémiai munkákból bizonyította, hogy az Al-oxid nélkülözhetetlen a fém aluminium előállításához (melynek fontja a kereskedelemben négy font sterlingbe kerül) és érce közel 80 %-ban ezt az értékes fémeket tartalmazza. A vevő nem tudta, hogy az ércet közönségesen "pipaagyag"-nak nevezik, mely magában igen csekély kereskedelmi értékű. Az Al-nak megfelelő formába kell jutnia a gyártás során az ércből, emiatt magas az ára.

Hasonló a helyzet a talajok K készletére vonatkozóan. Csak a K megfelelő formája hatékony és tápláló, nem pedig az összes kálium. Helytelen nézet, hogy a K pótlására nincsen szükség. Esetenként trágyázás nélkül is kaphat kielégítő termést a gazda, melyet éleseszüségének tulajdonít és nem a talajának. A földek ismeretéhez sok év gondos megfigyelése szükséges. Más vidékek ismeretlen talaján gazdálkodók tapasztalata pl. a trágyázás, vetésforgó, ill. a földek kezelése tekintetében nem vehető át kritikátlanul. Mindez nem tart vissza némelyeket attól, hogy másokat ösztönözzenek eljárásaik szolgai módon való követésére a nagy termés reményében. Számos talaj gazdag lehet pl. Si, Ca, Mg elemekben. A gabonatermesztés rendes istállótrágyázással párosulva azt eredményezi, hogy a földek csak P és N tápanyagokban merülnek ki. A gazda a többi anyag pótlását ilyenkor elhanyagolhatja, de nem szabad általánosítani és kijelenteni, hogy senki-nek sem kell a K, Si, Ca, Mg pótlásáról gondoskodni, ill. elégséges a N és P trágyázás a kimerült föld termékenységének visszaállítására. Sok millió hektár homok és agyagtalaj Ca, Mg készlete nem nagyobb P készletüknél. A Ca és Mg

pótlásáról tehát a P-hoz hasonlóan gondoskodni kell. Hasonlóképpen sok millió hektár termékeny föld olyan gazdag N-ben, hogy pótlása valódi pazarlás lenne. Mások olyan szegények K-ban (általában meszes talajok), hogy rendszeres K-trágyázás nélkül terméketlenné válnának. A K-ban gazdag, de P-ban szegény talajon a here ismét terem, ha P-gazdag trágyaszerekkel, pl. csontliszttel megtrágyázzák. A hamunak itt nincs hatása. Nem hat viszont a csontliszt K-szegény talajon. A Ca és Mg szegény savanyú talaj ismét heretermővé válhat meszezéssel és Mg-tartalmú trágyák alkalmazása nyomán.

Ha a gazda gabonán és húson kívül más terményeket is termel és elad, változik a trágyaigénye. A három hektár burgonyaföldről négy gabona szemtermés alkotórészei és ezenkívül több mint 600 font K távozik. Három hektár répatermésben ugyancsak négy búza szemtermés alkotórésze és 1000 font K távozik. A termések tartóssága tehát nem biztosított többé, amennyiben csak a kivont P-t pótolják. Ugyanilyen módon kell a kereskedelmi növények (dohány, kender, len, szőlő stb.) termelőinek a visszapótlás törvényét szigorúan szem előtt tartani. Helyesen értelmezve nem szükséges azonban minden elemre tekintettel lenni. A mész- vagy márgatalajon gazdálkodónak értelmetlen lenne a dohánylevéllel elvitt meszet pótolnia. Ebből az is következik, hogy nem minden trágya hasznos, ill. különbséget kell tenni a trágyaszerek között. Fontos, hogy a gazdát ne mások téveszméi, hanem saját megfigyelései vezessék földjének kezelésében. A gyomok pontos megfigyelése gyakran hasznosabb útmutatást adhat, mint a mezőgazdaság összes kézikönyve.

A tisztán istállótrágyát használó gazdaságok hatásfokát megítélhetjük a gabonaföldek terméseivel. A statisztikai felvételeket Németországban részben kormányzati kezdeményezésre végezték. Minden egyes vidék jellemezhető saját átlagtermésével, amely alapján a következő év termését megbecsülik. Beszélünk 1/2, 3/4 vagy teljes átlagtermésről, amennyiben az a közepes termés felének vagy 3/4-ének felel meg. Vajon a mutató szerint hogyan alakult a gabonaföldek állapota, terméseink nőttek-e vagy csökkentek? Válasszuk Rheinhessen adatfelvételeit, mely Hessen nagyhercegség legtermékenyebb tartománya és kitűnő búza-talajjal rendelkezik. A népesség rendkívül szorgalmas és jólképzett. (Statistische Mitteilung über Rheinhessen von F. Dael, Dr. der Rechte und Staatswissenschaften und Richter am Kreisgerichte Mainz. Mainz 1849. Flor. Kupferberg). A felvételezések az 1833-tól 1847-ig terjedő 15 évet ölelik fel, amikor guanót Németországban még nem alkalmaztak, ill. a csontliszt használata is elhanyagolható volt. A közepes búzatermés Rheinhessenben a vetőmag 5.5-szeresét jelenti (1 hektár = 2.471 angol acre területről 20 malter = 14 bushel, azaz 25.6 hektoliter szemtermés). Az átlagtermést 1-nek véve az alábbi trendet kapták:

Év	1833	1834	1835	1836	1837	1838	1839	1840
Index	0.85	0.78	0.88	0.72	0.88	0.73	0.61	1.10
Év	1841	1842	1843	1844	1845	1846	1847	
Index	0.40	0.90	0.74	1.02	0.63	0.75	0.88	

Az átlagtermés indexe a vizsgált időszakban 0.79, tehát az előző időszakhoz viszonyítva csökkenő. Rheinhessen búzaföldjeinek 1/5-del kisebb a termőképessége. A termések éppúgy szórnak a plusz, mint a minusz oldalra, tehát a becslés hihető. A búzatermelés mérséklődött, ill. a rozstermelés nőtt, azaz a búzaföldek egy része rozsfölddé alakult át. Mindez a talajok romló minőségét bizonyítja. A gazda csak akkor termel búzaföldön rozst, ha a föld már nem ad kifizetődő búzatermést. Rheinhessenben a közepes rozstermés a vetőmag 4.5-szerese, a gyenge búzatalaj tehát még teljes rozs átlagtermést adhat. A vizsgált 15 éves időszakban a rozs átlagtermések indexe 0.96, érdemben még nem változott. A tönkölybúza indexe ezzel szemben 0.79, az árpáé 0.88, a zabé 0.88, a borsóé 0.67, a burgonyáé 0.98, a káposztáé és a répáé pedig 0.85.

Amint arra a wormschi Schneider igazgató úr közléseiből következtetni lehet, azóta már más tartományokhoz hasonlóan a terméseket sikerült jelentősen megnövelni. A tisztán istállótrágyázó gazdálkodás helyére Rheinhessenben is a "racionalis pótló gazdaság" lépett. A statisztikai felmérések szerint korábban Poroszországban és Bajorországban hasonló visszaesés következett be. Angliában és Franciaországban is ugyanezen körülmények álltak fenn. A földek állapotának jelzései minden közjólét iránt érdeklődő ember figyelmét fel kell, hogy keltsék. A mi dolgunk lelkiismeretesen vizsgálni a jelenséget és ha a baj forrását egyszer felismertük, úgy megtettük az első lépést ahhoz, hogy azt örökre elhárítsuk.

Guanó

A perui guanó általában 33-34 % el nem égethető, valamint 66-67 % illó (víz, ammónia) és égethető alkatrészt tartalmaz. Az égethető rész főleg karbamid-ból, oxálsavból, meghatározhatatlan összetételű barna anyagból és guaninból áll. Súlyának 18 %-át átlagosan a karbamid, 8-10 %-át pedig az oxálsav képezi. A karbamid növényre gyakorolt hatása nem ismeretes, talán ez az anyag a guanóban nem hatékony. A guanó pozitív hatását az ammóniával és a nem-égethető alkotórészekkel lehet magyarázni. Mayer és Zöller két elemzése alapján a guanóhamuban 2-2.6 % MgO, 34-37 % CaO, 40-41 % P₂O₅ és 1.6-2 % K₂O található. A különböző magvak hamujának összetételéhez képest tehát a guanó hamuja szegény K és Mg elemekben. A magvak %-os hamuösszetétele a következő:

Tápelem	Búza	Bab és borsó	Repce
K ₂ O	30	40	24
CaO	4	6	10
MgO	12	6	10

A K-szegény földeken a K-ot pótolni kell. A Mg jelentőségét kevésbé ismerjük a szemképződésben és kíváncsiak az ez irányú kísérletek. A gabonamagvak pl. nem mindig ugyanazon N-vegyületeket tartalmazzák. Lehetséges, hogy a vegyületek tulajdonságait a Ca vagy a Mg jelenléte határozza meg. A kétféle alkáliföldfém előfordulása talán kapcsolatban áll az oldható (albumin és kazein) és az oldhatatlan (siker vagy növényi fibrin) N-vegyületek képződésével. Emellett természetesen a K és a Na is meghatározó a szintézis során.

A guanó hatását általában az ammónia és más N-gazdag alkotórészeknek tulajdonítják. A Bajor Mezőgazdasági Egyesület által beállított szabadföldi kísérletek szerint azonban a guanó akkor is növelheti a szem és a szalma termését, mikor az azonos N-tartalmú ammóniumsó nem. A guanó és a csontliszt hamuját összehasonlítva nem találunk köztük nagy különbséget, ugyanakkor a guanó trágyahatása nagyobb lehet, mint a hasonló összetételű vagy akár kétszer vagy négyszer annyi P-t tartalmazó csontliszté. A csontliszt ammóniumsókkal készített keveréke (melynek N és P tartalma azonos a guanóéval) ugyan hatékonyabb az önmagában adott csontlisztnél, de az első évben kevésbé érvényesül. Lassú hatású szer. A guanó hatása ezzel szemben az első évben kifejezett és a későbbi években alig észrevehető.

Ennek az oka a Peru-guanó nagy, 6-10 %-os oxálsav tartalma. Vízrel átváltozik a kénsavas, foszforsavas és oxálsavas ammónia kioldható. A kivonat bepárlásakor nagy mennyiségben kikristályosodik az ammónium-oxalát. Ha azonban átváltoztatás nélkül csak megnedvesítjük és állni hagyjuk, az oldatban csökken az oxálsav és növekszik a foszforsav tartalma. A guanó elbomlik, a benne levő NH₄-szulfát hatására a Ca-foszfát oldódik és Ca-oxalát, valamint NH₄-foszfát keletkezik. A Peru-guanó ideális keverék a növény táplálás számára, mivel P-a csak a nedves talajban válik oldhatóvá és terjed szét K, Na és NH₄-foszfátok alakjában. Hatása ezért a szuperfoszfát, ammónia és kálicsóból álló keverékkel vethető össze. Meszes talajokon azonban a guanó határozottan előnyösebb, mert a műtrágyakeverék szuperfoszfátja a talaj mésztartalmával érintkezve oldhatatlan mészfoszfáttá alakulhat, míg a guanó foszfátjai itt is oldható formában maradnak.

A guanó megnedvesítésekor keletkező NH₄-foszfát levegőn elveszíti NH₄-tartalmának egyharmadát. A száraz termék átalakulás nélkül eltartható, míg a csapadékos módon súlyának gyarapítása érdekében megnedvesített szegényebb lesz N-ben. Amennyiben híg kénsavas vízzel megnedvesítve a trágya enyhén savanyú reakciót mutat, az átalakulás napok vagy hetek helyett már néhány óra alatt lejátszódik. Nagy szárazságban a trágya nem érvényesülhet, mert víz nélkül semminek sincs hatása. A túl bő csapadék is hatástalanná teheti, mert az esővíz az oxálsavat ammóniasó formájában kimossa és így a P nem oldódik megfelelően. Ez a káros jelenség egyszerűen megszüntethető, ugyanis a kénsavval nedvesített guanóban az összes P oldható állapotba vihető.

Mivel a trágya gyors hatását tápanyagainak elterjedési sebessége (oldhatósága) határozza meg a talajban, érthető miért jobb a guanó sok más trágyaszernél. A biztos hatást illetően azonban az istállótrágya előnye nyilvánvaló. Utóbbi természeténél fogva képes az előző rotáció valamennyi talajalkotórészét visszaadni, ha nem is ugyanabban az arányban. A guanóval csak néhány alkotórész kerül vissza, tehát nem helyettesítheti az istállótrágyát. Másrésről a hús és gabonatermelő által a földekről elvitt termés fő alkotórészeit, a N-t és P-t tartalmazza. Az istállótrágyához keverve tehát annak összetételét javítja és ezzel a szántóföld megfelelő tápanyagtartalmát helyreállítja. Példaként tételezzük fel, hogy egy hektár P-szegény területet 800 centner istállótrágyával kezeltek, ami Völker analízise szerint 272 kg foszfátot tartalmazott. A betakarított szemmel és az állati eredetű termékekkel eltávozott 135 kg foszfát a rotáció végén. A talaj termőképessége még tovább nőhetne, ha az újabb rotáció kezdetén adandó 800 centner istállótrágyához 400 kg 34 % foszfátot tartalmazó guanót kevernénk. A szántott réteg P_2O_5 mérlege az alábbi lenne kg/ha-ban:

Istállótrágyában adott	272 kg
Termékekkel elvitt	135 kg
Szántott rétegben maradt	137 kg

Második rotációban	
Istállótrágyában adott	272 kg
Guanó kiegészítéssel adott	135 kg
Szántott rétegben maradt	544 kg

A szántott rétegben az újabb rotáció kezdetén kb. kétszer annyi foszfát volna jelen, mint az előző rotáció indulásakor. Az istállótrágyával a talaj több P-t kap mint amit a terméssel elveszít, ezért a hozzáadott guanó hatása évről évre gyengébb, s végül teljesen észrevehetetlen lesz. Más a helyzet, ha a talaj istállótrágyával kevesebb P-t kap, mint amit a termékekkel elveszít. Ilyenek a gabonatalajok, melyeket pl. egy fél évszázadon át istállótrágyával mérsékeltén trágyáztak. Kimutattuk, hogy ebben a rendszerben a takarmánynövények és a szalma bizonyos alkotórészei (főként az oldható kovasav és a K) a szántott rétegben állandóan felhalmozódnak, míg a gabonaszem és a hús N és P táp-anyagai eltávoznak.

A guanóval ilyenkor nemcsak visszaállítható a termés színvonala, hanem gyakran meglepő mértékben növelhető is, amennyiben az egyéb tápanyagokból a készletek kielégítőek. Idővel a guanó hatása abban az arányban fog csökkenni, ahogy a többi tápelem mennyisége elfogy. Összetett trágyaszernél a hatás ritkán tulajdonítható egyetlen alkotórésznek. A guanó N-t és P-t szolgáltat, melyek kölcsönösen kiegészítik egymást és a gyökerek számára egyidejűleg vehetők fel. Így a P-szegény de N-ben gazdag talajon guanóval ugyanaz a hatás érhető el, mint a P-trágyával. És fordítva. A guanó eredményességét gyakran P-tartalmának le-het tulajdonítani. Tartós alkalmazása azonban feltételezi a megfelelő mennyiségű egyéb tápelem jelenlétét a talajban. Rétek és gabonaföldek kezdetben igen nagy

termést hoztak a guanó-trágyázással. Egyrészt idővel annyira kimerülhet Si és K készleteiket illetően, hogy a talaj hosszú időre elveszíti eredeti termőképességét. Ezt követően nagyon nehéz a kárt helyrehozni. A 800 centner (azaz 40 t) istállótrágyában Völker analízise szerint ugyanannyi N és P van, mint 800 kg guanóban. Vagyis 1 font guanó 50 font istállótrágyának felel meg. A tápanyagokat a guanó koncentráltabb formában tartalmazza, így a tábla talajának feltételei jobban gazdagíthatók. Némely vidéken a guanót gipszsel keverik túl erős hatását mérséklendő. A gipsz hígítja a trágyaszert és egyenletesebb kiszórást tesz lehetővé. A gipsz az oxálsavval és az NH_4 -foszfáttal NH_4 -szulfáttá, Ca-foszfáttá és Ca-oxaláttá alakul át. Az így módon képződött Ca-foszfát finom eloszlású csapadékokat alkot, mely a növényi felvétel szempontjából előnyös. A képződött új ammóniumsó is hatékony marad. A P-nak azonban csak kis része kerül ilyen finom eloszlású állapotba.

Sokkal célszerűbb a guanót kevés kénsavval savanyított vízzel megnedvesíteni és 24 óra elteltével gipsz helyett fűrészporral, felaprított tőzeggel vagy televényfölddel összekeverni és így felhígítva kiszórni. Az esővíz hatására ebből a keverékből NH_4 -foszfát oldódik ki, mely lassan behatol ill. szétoszlik a talajban. Ha a fűrészporhoz, aprított tőzeghez stb. még gipszet is adunk, akkor a gipsz az NH_4 -foszfáttal reakcióba lépve finom eloszlású Ca-foszfáttá és NH_4 -szulfáttá alakul át. A két vegyületet az esővíz elválasztja egymástól. Az oldható NH_4 -szulfát mélyebbre mosódik és a Ca-foszfátból egy keveset magával visz. A Ca-foszfátok nagyobb része a bevitel helyén marad. K-szegény talajokon célszerű a kénsavval megsavanyított guanóhoz fahamut is keverni. A K-karbonát az NH_4 -foszfáttal reakcióba lép és NH_4 -karbonát, valamint K-foszfát keletkezik. A P talajba hatolását a K nem akadályozza. A guanóval végzett százszáz trágyázási kísérletek eredményei feltárják a hatásmechanizmus sajátosságát. Az adatok font/száz hold egységre vonatkoznak, a trágyázatlan kontroll parcellák termését korábban már közöltük. A guanó 13 % N-t tartalmazott.

Termőhelyek neve:	Cunnersdorf	Mäusegast	Kötitz	O.bobritzsch
Guanó font/acker:	379	411	411	616
*Nitrogén font/acker:	49	53	53	80

		Termés, font/acker			
1851 rozs	szem	1941	2693	1605	2391
	szalma	5979	5951	4745	5877
1852 burgonyagumó		17904	17821	19040	13730
1853 zab	szem	2041	1740	1188	1792
	szalma	2873	2223	902	2251
1854 here széna		9280	6146	1256	5044

		Terméstöbblet a trágyázatlanhoz képest, font/acker			
1851 rozs	szem	765	455	341	938

	szalma	3028	1369	1732	2862
1852 burgonyagumó		1237	925	463	3979
1853 zab	szem	22	451	-151	264
	szalma	310	383	-455	439
1854 here széna		136	563	161	4133

* A guanótrágya N-készlete

A trágyázatlan kontrollal szemben a következő rozs terméstöbblet adódott 1851-ben Cunnersdorfban, font:

Trágyázás módja (adagja)	Szem	Szalma	Szalma/szem
Istállótrágyázással (180 ctr.)	337	1745	1:5.2
Guanó trágyázással (379 font)	765	3028	1:3.9

Cunnersdorf talaja már eredetileg is gazdag volt a szalma elemeiben (Si, K, Ca, Mg, Fe) melyek mennyisége az istállótrágyázással tovább nőtt. Mindez tükröződik a tág 5.2-szeres szalma/szem arányban, hiszen az istállótrágya kevés N és P szemalkotót tartalmaz. Így érthető a guanó kifejezett hatása, mely szemalkotókban gazdag. A szemtermés több mint kétszeresére emelkedett és javult a szalma/szem aránya, mert a szalma/szem alkotórészek aránya a talajban is módosult.

Mäusegast rozs terméstöbbletei 1851-ben, font:

Trágyázás módja (adagja)	Szem	Szalma	Szalma/szem
Istállótrágyázással (194 ctr.)	345	736	1:2.1
Guanó trágyázással (411 font)	455	1369	1:3.0

Ez a szem- és szalmaalkotókban egyaránt gazdagabb talaj szalma alkotókból már fölösleget is tartalmazott. A guanóval adott N és P a talajkészlet kisebb részét tette ki és jobban hatott a szalma-, mint a szemtermésre. Guanótrágyázás nyomán Cunnersdorfban ugyanakkora a szalmatermés, mint Mäusegastban, de a szemtermés Mäusegastban 752 fonttal nagyobb, mert ez a talaj szemalkotókban gazdagabb.

Kötitzben a rozs terméstöbblete 1851-ben, font:

Trágyázás módja (adagja)	Szem	Szalma	Szalma/szem
Istállótrágyázással (229 ctr.)	352	1006	1:2.8
Guanótrágyázással (411 font)	341	1732	1:5.1

A guanó elsősorban a szalmatermést növelte, de nem dönthető el, hogy a N és P tápanyaga közül melyik eredményezte a hatást. A szemtermésekben nem volt érdemi különbség a két trágyaféleség alkalmazása nyomán.

Oberbobritschban a rozs terméstöbblete 1851-ben, font:

Trágyázás módja (adagja)	Szem	Szalma	Szalma/szem
Istállótrágyázással (314 ctr.)	452	913	1:2.0
Guanó trágyázással (616 font)	938	2862	1:3.0

Mivel az adott guanó mennyisége mintegy 50 %-kal nagyobb, az eredmények nem vethetők össze a többi kísérleti hellyel. A termőhely adottságai közel-állóak Mäusegasthoz. Mind a két földön a szem/szalma arány istállótrágyázással 1:2, guanó alkalmazásával 1:3. A guanó oldható alkotóelemei Cunnersdorfban és Kötitzben alig hatottak a heretermesre, míg Mäusegastban és Oberbobritschban jelentősen megnőtt a termés. A tápelemek lejutottak a gyökérzónába, utóbbi termőhelyeken a talaj áteresztőnek bizonyult. A kovásv, mely a mész mellett a gabona szárának és leveleinek szilárdságot és ellenállóképességet ad, nem alkotó-eleme a guanónak. Si és Ca hiányos talajon guanó után a gabona hajlamos lehet a megdőlésre. Ez kiküszöbölhető, ha előtte meszezik a talajt, ill. csökkenthető a guanó szalmás istállótrágyával való összekeverésével.

A 100 font guanóra kapott terméstöbbletek az alábbiak voltak, (font):

Év, növény	Cunnersdorf	Mäusegast	Kötitz	O.bobritsch
1851,1853 (rozs,zab)	1088	646	357	731
1852 (burgonya)	326	225	112	646
1854 (here)	36	137	39	670

Ezek az eredmények azt mutatják, hogy különböző talajokon éppolyan egyenlőtlen hatást eredményez a guanó, mint az istállótrágya. Lehetetlen tehát a terméshozamokból következtetni a trágya minőségére és mennyiségére. Mäusegastban ugyanannyi guanót juttattak a földre, mint Kötitzben. Mindkét helyen azonos volt az adott N és P mennyisége, de Mäusegastban a gabonafélék és a burgonya kétszeres, a here pedig többszörös terméstöbbletet adott Kötitzhez viszonyítva. A trágya elemeinek érvényesülése termőhelyenként eltérő, amint Cunnersdorf és Oberbobritzsch eredményeiből láthatjuk. A 100 font guanóval nyert gabona + burgonya + here terméstöbbletek elemmérlegei szerint Cunnersdorfban mintegy 1/3-dal kevesebb, míg Oberbobritzschban 3/4-del több N-t takarítottak be, mint amit a guanó tartalmazott (font):

Mérleg tételei	Nitrogén	Kálium	Foszforsav	Mész
Cunnersdorf				
Terméstöbbletekben	9.2	16.1	3.5	3.6
Guanóban	13.0	2.0	12.0	12.0
Egyenleg	+3.8	-14.1	+8.5	+8.4
Oberbobritzsch				
Terméstöbbletben	23.0	15.5	6.1	16.9
Guanóban	13.0	2.0	12.0	12.0
Egyenleg	-10.0	-13.5	+5.9	-4.9

Pudrett. Emberi ürülék (fekália)

A kereskedelemben előforduló pudrettet úgy tekintik, mint szállítható formába hozott emberi ürüléket. Valójában azonban nem az, mert nagyobb része ballaszt. A montfauconi pudrett (a legjobbak közé tartozik) 28 %, a drezdai 43-56 %, a frankfurti pedig 50 % feletti homokot tartalmaz. A 3 % feletti foszforsavat és ugyanannyi ammóniát tartalmazó trágyaszer már a kereskedelembe nem is fordul elő. Lakóházakban, legalábbis a német lakóházakban a latrinák az összesőport homokot és házi szemetet is befogadják. Kiürítéskor porózus szilárd anyagot, barnaszenet vagy felaprított tőzeget adnak a gödör tartalmához, hogy szárazabb legyen és kényelmesebben lehessen mozgatni. A sok hozzáadott ballaszt nyomán csökken a tápelem-koncentráció és nő a szállítási költség. A gödör

legtöbbször nem szigetelt, így a vizelet ill. a folyékony rész jobbra elszivárog. Az értékes tápanyagok nagy része, köztük a kálisók és az oldható foszforsavas sók is veszendőbe mennek.

Hogy milyen értékes az emberi ürülék, az a következőkből látható. Rastatt és Baden kaszárnyaiban a fekált gyűjtik és elszállítják. Az árnyékszék nagyméretű tölcserék közbeiktatásával közvetlenül össze van kötve a kocsikon álló tartályokkal. Így valamennyi ürüléket, a vizeletet és a faecest is veszteség nélkül elfogják. Amint a hordók megtelnek eltolják a kocsit és újat gurítanak a helyére. A katonák tápláléka főként kenyérből áll, de naponta valamennyi húst és főzelékfélét is fogyasztanak. A felnőtt ember testsúlya általában nem gyarapszik, így a kenyér, hús és a zöldségfélék hamualkotórészei, valamint a táplálék N-tartalma az összegyűjtött ürülékbe kerül. Egy katona napi fejadagja 2 font kenyér, a kaszárnyák 8000 főnyi állománya tehát 16 ezer font hamualkotórészét és N-jét tartalmazza. A szántóföldekre juttatva mindez lehetővé teheti ugyanannyi gabona újratermelését. Mivel 2 font kenyér előállításához mintegy 1.5 font gabonára van szükség, a Badeni Nagyhercegség katonáinak fekáljából évente 43760 centner gabonaszem nyerhető.

A garnizonok környékén élő parasztok a trágyát megveszik és használják, a Rastatt és Karlsruhe melletti homoksivatagok nagy termékenységgel bíró talajokká alakultak át. Amennyiben a trágyával termesztett gabonát a katonai ellátásnak adják el, kialakul egy valódi tápelem-körforgalom. Mindez lehetővé tenné évente 8 ezer katona kenyérrel való ellátását anélkül, hogy a gabonát termő földek hozama valaha is csökkenne. Amikor Karlsruheban elrendelték, hogy a szagta-landítás érdekében a pócegyűjtők tartalmát vasvitriollal (vasszulfáttal) kell fertőtleníteni, a gazdák az ürülékért semmit sem akartak fizetni. Úgy gondolták, hogy a termékenységet fokozó képessége ezzel elvész. A tapasztalat azonban megmutatta, hogy ezáltal nem csökken a trágya értéke. A fertőtlenített fekáliaért most éppen úgy fizetnek, mint régen. A kocsikba gyűjtött fekáliát nem kell fertőtleníteni.

Amit a gabona elemforgalmáról mondtunk, az természetesen a hús és főzelékfélékre is érvényes. Amennyiben az elemek forgalma zárt a visszapótlás nyomán, úgy állandóan újratermelhető az elfogyasztott mennyiség. A badeni kaszárnyák és a kenyéradó szántóföldek közötti kapcsolat a városok és a vidék között is funkcionál. Ha lehetséges volna a városokban felhalmozódó folyékony és szilárd ürüléket, valamint az állati csontokat veszteség nélkül összegyűjteni és a vidéknek visszaadni, akkor a talajok termékenységet végtelenül hosszú időn át fenn lehetne tartani. A már termékeny földek tápanyagkészlete elegendő volna ahhoz, hogy a lakosság növekedésével fellépő szükségleteket ki lehessen elégíteni.

Mindez ma még lehetetlen, ezért a gazdának arra kell törekednie, hogy a földjeiről terményekkel elszállított tápanyagokat a kereskedelembe kapható trágyák vásárlásával, természetes talajjavító anyagok mint pl. márga stb. felkutatásával és alkalmazásával, valamint a gazdaságában előállított trágya veszteségmentes felhasználásával ismét fedezni tudja. Az utóbbi tekintetében sajnos a rossz

szokások uralkodnak. Minden paraszt tudja, hogy az eső sok ezüsttallért mos ki a trágyadombból és előnyös lenne, ha a házát és a falu utcáit szennyező tápanyagok ismét a szántóföldjére jutnának. De közömbösen szemléli az egész folyamatot.

Foszfáttartalmú műtrágyák

E trágyaszerek a szántóföldek termékenységének helyreállításában a legfontosabbak, mert a húst és a gabonaféléket előállító gazda talajából a legnagyobb mennyiségben távoznak el. Az ún. szuperfoszfátok közönséges foszfátok, melyeket kénsavval kezeltek, hogy az oldhatatlan semleges kalciumsót oldható savanyú sóvá alakítsák. Guanizált szuperfoszfátról akkor beszélnek, ha ammóniumsót és kálisót is kevernek hozzá. A csontlisztből készült jó minőségű szuperfoszfát általában 10-12 %, az ásványi foszfátokból készült 18-20 % oldható foszforsavat tartalmaz. Alkalmazásuk különösen ott előnyös, ahol gyors hatást akarnak elérni, ill. a talajok felső és középső rétegeit akarják foszforsavval gazdagítani. Burgonyára és gabonafélékre gyakorolt hatásuk gyakran azonos a guanóéval. A répa és a repce a szuperfoszfát kénsavát is hasznosítja, ezért kiemelten fontos trágya számukra. A semleges foszfátok között a csontliszt foglalja el az első helyet. A csontok nagynyomású forró vízgőzzel kezelve elveszítik szívósságukat, kocsonyaszerűen felduzzadnak, megpuhulnak és száradás után finom porrá őrölhetők. Poralakban gyorsan szétterjednek a talajban, kis mértékben vízben is oldódnak. A vízdoldható rész enyvet és foszforsavas meszet tartalmazó vegyület, melyet a talaj nem bont el és így módon nagy mélységekbe tud lehatolni. Nyirkos talajban az enyv rothadással gyorsan átalakul ammónium-vegyületekké és a foszforsavas mész megkötődik. A csontliszt lehetővé teszi, hogy a talaj mélyebb rétegeit foszforsavas mésszel lássuk el. Erre a szuperfoszfátok nem alkalmasak.

Az étetéssel enyvtartalmuktól megfosztott csontok (mint a csonthamu és a cukorfinomítók csontszene), valamint az ásványi eredetű foszforitok szinte kizárólag szuperfoszfát alakjában hasznosulnak a mezőgazdaságban. Kénsavas feltárás hiányában a lehető legfinomabb lisztte kell őrölni ezeket az anyagokat ahhoz, hogy a talajban gyorsabban átalakuljanak, egyenletesen eloszoljanak és felvehetővé váljanak. Átalakulásuk a szénsavas víz segítségével történik lassú feltáródással. Célszerű az őrölt feltáratlan lisztet az istállótrágyával összekeverni és erjedni hagyni. A semleges foszfátok termésmenvelő hatása az első évben általában kisebb. Feltáródásukat befolyásolja a szemcseméret, a talaj porozitása és bomlóanyag tartalma, valamint a művelés módja. Előfeltétele érvényesülésüknek, hogy a talaj egyéb tápanyaggal jól ellátott legyen. A guanó és a csontliszt hatásának sebessége és tartóssága közötti különbséget a következő termésred-ményekből láthatjuk, melyeket H. Zenker ért el a szász Kleinwolmsdorfbán 1847 és 1850 között (fontban):

Kísérleti év és növény	Csontliszt (922 font)		Guanó (411 font)	
	Szem	Szalma	Szem	Szalma

1847 őszi búza	2798	4831	2951	4711
1848 árpa	2862	3510	2484	3201
1849 bükköny	1591	5697	1095	4450
1850 őszi búza	1351	2768	732	2481

A guanó hatékonysága az első év után folyamatosan csökken, míg a csontliszté az évekkel nő. A 411 font guanó 53 font N-t tartalmazott, az összes betakarított termés pedig 271 fontot, tehát majdnem az ötszörösét. A csontliszt 37 font N-jéhez képest az össztermés viszont 342 fontot, tehát majdnem 9-szer annyit. A csontliszt 71 fonttal nagyobb N-hozamot eredményezett a guanónál, tehát a trágyák N-készlete és a termés N-készlete között nem volt összefüggés.

Kötitz az alábbi táblázatban láthatóan 1.5-szer annyi csontlisztet kapott mint Cunnersdorf, mégis kisebb terméstöbbletet adott 1851. évben. Oberbob-ritzsch 2-szeres trágyaadagja a rozs szemterméstöbbletét 1851-ben meghárom-szorozta Cunnersdorfhhoz viszonyítva. A szalma terméstöbblete is 1.5-szerest meghaladó volt. A kísérlet harmadik évében a zab azonban Cunnersdorfbban megelőzi Oberbobritzschot, amely 1.25-ször annyi csontlisztet kapott mint Kötitz és majdnem 6-szoros volt a terméstöbblete heréből. Az első három termőhelyen felhasznált csontliszt mennyisége úgy aránylik egymáshoz, mint 1 : 1.5 : 2. Az istállótrágyához és a guanóhoz hasonlóan a terméstöbbletek itt sem követik az alkalmazott műtrágya mennyiségét.

A következő termések adódtak a száz kísérletekben csontliszttel való trágyázás nyomán, fontban:

Termőhely:		Cunnersdorf	Kötitz	O.bobritzsch	Mäusegast
Csonliszt, font:		823	1233	1644	892
1851 rozs	szem	1399	1429	2230	1982
	szalma	4167	3707	5036	4365
1852 burgonyagumó		18250	19511	11488	19483
1853 zab	szem	2346	1108	1718	1405
	szalma	3105	1224	1969	1905
1854 here széna		10393	2186	7145	5639
Terméstöbblet a trágyázatlanhoz viszonyítva					
1851 rozs	szem	223	165	777	-
	szalma	1216	694	2021	-
1852 burgonyagumó		1583	934	1737	2587

1853 zab	szem	327	-	190	116
	szalma	542	-	157	65
1854 here	széna	1249	1091	6234	56

A 100 font csontlisztre számított terméstöbblet az alábbi, fontban:

Év, növény	Cunnersdorf	Kötitz	O.bobritzsch
1851, 1853 rozs, zab	281	40	191
1852 burgonyagumó	192	75	105
1854 here	152	96	380

Repcepogácsaliszt

Az olajütés után visszamaradó repcemag gazdag N-tartalmú anyag, melynek hamuja közel áll a tej és sajt hamujához. A repcemagban a rozsmaghoz hasonlóan foszforsavas sók (Ca, Mg, K, Na-foszfátok) az uralkodók. Feltehetően 100 font repcepogácsaliszttal annyi tápelemet juttatunk a talajba, mint amennyi 250-300 font rozsszemben található. E liszt N-tartalmú anyaga eredetileg csak kevésbé vízdoldható, de nagy mértékben oldhatóvá válik a bomlás által, mert a benne található tápanyagok jobban elvegyülnek a talajban, mint pl. a guanó N és P elemei, melyeket oldódásuk után a talajrészecskék azonnal abszorbeálnak. A repcepogácsánál az abszorpció csak akkor következik be, ha a N-tartalmú anyag már elbomlott és N-je ammóniává alakult át.

A bomlás gyorsan játszódik le, így hatása már az első évben valamivel nagyobb, mint az azonos P-tartalmú guanóé. Mint trágyaszernek azonban alig van jelentősége, mivel kevés gazda képes jelentős mennyiségben beszerezni. Amennyiben takarmányként hasznosítják szélesebb körben, emelkedő ára miatt még kevésbé lesz elérhető. Az állatok ürülékében alkotóelemei nagy része azonban ismét visszanyerhető. A szász kísérletekben a repcepogácsalisztrágyázás az alábbi eredményeket adta fontban:

Termőhely	Cunnersdorf	Mäusegast	Kötitz	O.bobritzsch	
Pogácsaliszt, font	1614	1855	1849	3288	
Nitrogén, font*	79	89	89	158	
1851 rozs	szem	1868	2645	1578	1946
	szalma	5699	5998	4218	4475

1852 burgonya		17374	18997	19165	10442
1853 zab	szem	2052	1619	1408	1517
	szalma	2768	2298	1550	1939
1854 hereszéna		9143	6659	981	2105

Terméstöbblet a trágyázatlanhoz viszonyítva

1851 rozs	szem	692	407	314	493
	szalma	2748	1416	1205	1460
1852 burgonya		707	2101	588	691
1853 zab	szem	33	330	69	0
	szalma	205	458	193	127
1854 hereszéna		0	1121	0	1194

* A repcepogácsaliszt N-készlete

Az istállótrágyához, csontliszthez és guanóhoz hasonlóan ezekből a kísérletekből is látható, hogy egyik termőhelyen sem lehetett az alkalmazott repcepogácsaliszt mennyisége és a trágyahatás között kapcsolatot találni.

A 100 font pogácsalisztre számított terméstöbblet fontban:

Év, növény	Cunnersdorf	Mäusegast	Köfitz	O.bobritzsch
1851 rozs*	2130	989	820	594
1853 zab*	147	424	141	39
1852 burgonyagumó	438	1132	318	210
1854 hereszéna	0	604	0	332

* Szem + szalma együtt

Ezek a kísérletek a trágya-N hatásának szempontjából érdekesek. Ha összehasonlítjuk az Oberbobritzschban guanóval és repcepogácsalisszal kapott terméstöbbleteket, akkor az alábbi eredményeket kapjuk (Oberbobritzsch, font):

Trágya fajtája:	611 font guanó	3288 font repceliszt
(N készlete):	(80 font nitrogén)	(158 font nitrogén)
(P ₂ O ₅ készlete):	(74 font foszforsav)	(40 font foszforsav)

1851, 1853 rozs és zab	4503	2069
1852 burgonya	3979	691
1854 hereszéna	4133	1194

Az egyik tábla repceliszttel közel kétszer annyi N-t kapott, mint a másik a guanóval. Ennek ellenére a gabonafélék terméstöbblete 2.2, a burgonya 5.7, a hereszéna 3.4 arányban múlta felül a guanó által kapottakat. A guanó-N hatása tehát a gabonaféléknél mintegy 4-, a burgonyánál 12- és a herénél 7-szerese volt a repcepogácsa-N hatásának. Ha a terméstöbbleteket a két trágyaféle P-tartalmával hasonlítjuk össze, akkor ilyen kiugró eltéréseket nem látunk a guanó javára, bár a guanó nagyobb P-készletével rendre nagyobbak a termések. Cunnersdorf, Mäusegast, Kötitz és Oberbobritzsch termőhelyeken 4 év alatt 48 termést takarítottak be eltérően trágyázott földekről. A N-forgalom az alábbiakban becsülhető fontban:

Mérleg tételei	Csontliszt	Guanó	Repcepogácsa
Trágyázotton felvett	1170	1139	1046
Kontrollon felvett	910	910	910
Kivont többlet	260	229	136
Trágyában adott	207	236	415
Egyenleg	-53	+7	+279

A N-szegény csontliszt a legtöbb, míg a N-gazdag repcepogácsa a legkisebb termést adta. A 100 font trágya-N által létrejött N-többletek az alábbiaknak adódnak: csontliszt 125, guanó 97, repcepogácsa 32 font. A P_2O_5 mérlegeit a következő számokkal jellemezzük fontban:

Mérleg tételei	Csontliszt	Guanó	R.pogácsa	Trágyázatlan
Terméssel felvett	361	362	338	292
Trágyában adott	1102	288	86	0
Egyenleg	+741	-74	-252	-292

Az egyenleg mutatja, hogy a termőhely talaja milyen mértékben szegényedett vagy gazdagodott tápanyagban.

Fahamu. Kálisók

A különböző fajok K-tartalma eltérő. A keményfák általában gazdagabbak K-ban, mint a puhafák. A bükkfa hamujában a K egy része K-karbonátként vízzel oldható, a másik része Ca-karbonáthoz kapcsolódva átmenetileg a hamuban marad, majd idővel kioldódik. A lucfenyő hamuja a dohányhoz hasonlóan sok Ca-t tartalmaz és a hideg víz látszólag nem képes feloldani a szén-savas K-ot. Később és lassanként azonban vízzel oldható lesz ez a K-készlet. Mivel a fahamu problémamentesen mélyen leszátható, kiválóan alkalmas a talaj mélyebb rétegeinek trágyázására. Célszerű annyi földdel keverni kiszórás előtt, hogy a vízzel oldható K-ot megkösse, a hamu + föld keverékéhez vizet adva a piros lakmuspapír már ne kéküljön meg. A legjobb ezt a műveletet a szántóföldön végezni.

A vízzel kilúgzott hamu (pl. a K-gyártás mellékterméke) bizonyos talajokon értékes lehet, mert a maradék K-on felül Ca-foszfátot és oldható kóvasavat is tartalmaz. Mivel talajaink felső rétege általában K-ban bővelkedik, a hagyományos gabonagazdálkodásban ritkán hatékony a feltalajt érintő hamuval végzett trágyázás. Megfelelő mélységbe bedolgozva azonban tartósan jó terméseket adhat herénél, répánál vagy burgonyánál. A fahamunak csak lokális jelentősége van, sokkal fontosabbak a sóbányák hordalék-rétegeit képező (Stassfurth, Kalusz) kálisók. Trágyaként a kálisókat főként KCl vagy K_2SO_4 alakjában használják. Az ismert kainit a kénsavas K és Mg kettős sója. A MgCl-ot mésszel együtt célszerű adni, így a növényi fejlődésre káros hatása megszüntethető (J. Lehmann). A KCl elsősorban gabonaféléknél terjedt el, míg a kénsavas K és Mg a gumós és gyökérnövényeknél. Megfigyelések szerint a kálisók annál hatékonyabbak, minél inkább egymással, ill. a többi tápanyaggal együttesen és megfelelő arányban alkalmazzák azokat.

Frank azt találta, hogy a konyhasó a talajok K-abszorpcióját csökkenti, tehát a konyhasóból és kálisókból álló keverék mélyebben tud a talajba hatolni. A mérsékelt konyhasó trágyázás gumós növényeknél előnyös lehet. A müncheni kísérletek (Zöller: Journ. f. Landw. 1866. 89. és 96. old.) rámutattak, hogy a K-gazdag talajon a cukorrépa nagyobb cukortartalmú levelet szolgáltatnak. A konyhasó ugyan fokozza a répa termését, de a répa levének cukortartalma feltűnően csökken a Na túlsúlya esetén. Ha tehát az a cél, hogy konyhasó segítségével a K-ot az altalajba juttassuk, akkor ajánlatos a kálisó-konyhasó keveréket már ősszel a talajba juttatni. Így a konyhasó nagyobb részét a csapa-dék eltávolítja a gyökérszónából.

A talaj mélyebb rétegeinek K-feltöltése érdekében a cukortermelők igen célszerű módon járnak el. Tekintetbe veszik a répa szezonális N, P, K igényét, a talaj felső rétegét bőségesen trágyázzák. A fiatal répa elsősorban a feltalaj N és P készletét használja, a visszamaradó K a későbbi fejlődéshez fontosabb. A következő répavetés előtt a gazda mélyen szánt, hogy az altalaj is gazdagodjék tápanyagokban. Majd ismételt bőséges trágyázással újra gondoskodik a gazdag

feltalajról. Az így kezelt répa földön egyaránt biztosított a répa kezdeti fejlődése, valamint a cukorképződés feltételei, azaz az altalaj K-bősége.

Ammónia és salétromsav

Az esővel talajba jutó ammónia és salétromsav mennyisége a már korábban ismertetett vizsgálatok szerint igen eltérő. Ha Bineau megfigyeléseit vesszük alapul és a Franciaország különböző helyein mért értékeket átlagoljuk, akkor egy ha-ra évente 27 kg ammónia (22 kg N) és 24 kg salétromsav (5 kg N), összesen tehát 27 kg N jut. Egy angol acre-re számítva ez 22 font, száz holdra számítva pedig 30 font N-t tesz ki. Boussingault szerint a harmat a leggazdagabb ammóniában, Knop szerint azonban nem gazdagabb, mint az esővíz. A növények nemcsak az esővíz közvetítésével nyerik a talajból és harmatból a N-t, hanem közvetlenül az atmoszférából is. Boussingault kísérletei (Annal. de chim. et de phys. 3. Sér. T. LIII) kétségtelenné teszik, hogy a levegőben mindig van ammónia. Miután a következő anyagokat vörössízzásig hevítette majd egy porcelántényéron 3 napig a levegő hatásának tette ki, az alábbi mennyiségeket találta: 1 kg kvarchomokban 0.60 mg, 1 kg csonthamuban 0.47 mg, 1 kg szénben 2.90 mg.

Az esővízzel évente talajra jutó ammónia és salétromsav mennyiségét elég nagy biztonsággal meg lehet határozni. A növényeket megnedvesítő harmat esetében ez nem végezhető el. Éppoly kevésbé lehet megbecsülni, hogy a növények a szénsavval együtt mennyi ammóniát és nitrátot vesznek fel közvetlenül a levegőből. Közép-Amerika esőmentes fennsíkjai a kultúr és vadon termő növények a N-t csak a harmat közvetítésével vagy közvetlenül a levegőből nyerhetik. Feltehető, hogy az európai növények annyi ammóniát és nitrátot vesznek fel a levegőből és a harmatból, amennyit az esővíz szolgáltat. A növénytakaró nélküli homokos puszta is annyi ammóniát és nitrátot kap az esővel, mint a művelt földterület. A növényzet, különösen a levélben gazdag fajok jelenléte, további ammónia és nitrát bevitelét jelenti.

Tételezzük fel, hogy a száz kísérletek trágyázatlan parcelláin nőtt gabonafélék, burgonya és here teljes N-készletüket a talajból nyerték. Tehát a növények sem a levegőből, sem a harmatból nem vettek fel N-t. Amennyiben a here és a burgonya N-anyagainak 1/10-e az állattenyésztéssel ill. értékesítéssel kikerül a gazdaságból, a N-forgalom mutatói a következők lesznek Cunnersdorfban, fontban:

Év, növény	Termés	Felvett-N	Eladott-N	Csapadék-N
1851 rozs	szem 1176	22.4	22.4	-
	szalma 2951	10.6	-	-
1852 burgonya	16667	69.8	6.9	-

1853 zab	szem	2019	30.0	30.0	-
	szalma	2563	6.6	-	-
1854 hereszéna		9144	202.1	20.0	-
Összesen		34520	341.5	79.5	120

Az ötödik év elején tehát a talaj 40.5 font N-nel többet tartalmazott, mint a kísérlet kezdetén. Hasonló becslések szerint Mäusegastban 84 font az eladott termés N-tartalma, a csapadékkal pótlódik 120, tehát a talaj 36 font N-nel gazdagodott. Aligha szükséges ezeket a számításokat folytatni, mert eredményeik szerint még a legkedvezőtlenebb feltételek mellett is visszakapja a talaj a csapadék stb. útján azt a N-t, amit a szokásos gazdálkodás során elveszít. Az esővíz ammónia és nitrát készlete olyan N-forrás, mely a növények ellátását emberi beavatkozás nélkül is képes biztosítani. Más tápelemek mint a P és a K kevésbé mozgékonyak és természetes forrásból nem pótlódnak. Ebből adódóan az utóbbi elemek kerülhetnek minimumba és okozhatnak termésesökkenést. A tudomány fejlődése során a téves nézetek sokáig fennmaradnak, így az is, amely kiemelt jelentőséget tulajdonít a N-nek a mezőgazdasági gyakorlatban. Egy természeti jelenség megfigyelésénél kezdetben nem tudjuk, hogy egyszerű vagy összetett-e, ill. egy vagy több ok határozza-e meg. Azokat a tényezőket tekintjük meghatározónak, melyek hatását legelőször ismertük fel.

Még nem oly régen azt hitték, hogy a növényi fejlődés tényezői egyedül a magban találhatók. Aztán felismerték a víz, majd később a levegő szerepét. Ezt követően a humusz ill. szerves anyagok javára írták a talaj termékenységének jó részét, hiszen valamennyi trágyaszor közül a legjobb hatást az állati ürülék, valamint az állatok alkotórészei fejtik ki. A kémiai elemzés feltárta, hogy a szerves anyag fő alkotóeleme a N, így eleinte a trágya hatását kizárólag (később csak főként) a N-tartalomnak tulajdonították. A fejlődésnek ez a természetes menete. Akkoriban még nem volt ismert, hogy a növények hamualkotórészei mint a K, Ca, P stb. az életfolyamatokban éppen olyan fontos szerepet játszanak, mint a N. Sőt még arról sem volt elképzelése senkinek, hogy a szerves anyagokban lévő N milyen módon hat. Viszont tapasztalták a szarvak, körmök, vér, csont, vizelet, az állati és emberi ürülékek kedvező hatását, míg a faforgács jóformán hatástalan volt. Az utóbbi hatástalanságát a N hiányával magyarázták.

Az elmondottakból következik, hogy a gazda számára ezek a trágyaszorok nem voltak azonos értékűek, mivel nem tartalmaznak azonos mennyiségben N-t. Kémiai elemzéssel könnyen becsülni lehetett a trágyák N-készletét és ennek alapján hasznosságukat ill. sorrendiségüket. Mindegyik trágyaszort számmal láttak el, mely a trágya relatív értékére volt jellemző. A sorban legelől álltak a N-ban gazdagabb anyagok. A N-formáját, ill. a trágyaszorok egyéb elemeit nem vették tekintetbe. Közömbös volt, hogy a N-vegyületek enyvek, szaruanyagok vagy fehérjék. Az sem számított, hogy van-e bennük alkáli ill. alkáliföldfém, foszfátok. A

száritott vér, körmök, szaruforgács, gyapjúrongyok, csontok, repce-pogácsaliszt mind egy és ugyanazon sornak a tagjai voltak. Mivel akkoriban a "nitrogén" szó alatt nem egy adott vegyület elemét értették, így lehetetlen volt bizonyítani a trágyahatás és a N-tartalom összefüggését.

A perui guanó és a chilei salétrom bevezetésével és alkalmazásával alapozódott meg az ún. nitrogén-elmélet. A guanó valamennyi trágyaszernél gazdagabb N-ben és ezzel együtt hatása is erősebb és gyorsabb. Mindez megfelel a N-elméletnek. A kémiai elemzés kielégítő felvilágosítást adott a hatás gyorsaságát illetően. A perui guanó N-készletének fele ammóniából áll és az ammóniát már ismerték mint gyorsan ható növényi tápanyagot. Ettől kezdve a N-trágyákat két csoportba osztották, mégpedig "emészthető" és "nehezen emészthető" N-t tartalmazókra. Az "emészthető" N-forma alatt ammóniát és nitrátot, míg a "nehezen emészthető" alatt az egyéb N-vegyületeket értették. Utóbbiak csak akkor válnak emészthetővé és hatékonyává, ha N-jük ammóniává alakult. Ebből következett, hogy a guanó hatása ammóniumsóval helyettesíthető, a gabonatermések növeléséhez ammóniumsókat kell megfelelő mennyiségben és tûrhető áron beszerezni. Nem a humusz hiányzik tehát a nagyobb termések eléréséhez, hanem az ammónia ill. ammóniumsók. Ez a következtetés mérhetetlen haladást jelentett. Amit régebben N-nek hívtak, most ammóniának nevezték. Utóbbi egy érzékelhető és mérhető vegyület, melyet el lehetett különíteni. A N-tápanyag fogalma konkretizálódott, megfoghatóvá vált. Ellenőrizni lehetett kísérletben is a N-elméletet. Mivel a guanó N-készletének csak fele emészthető, az ammóniumsók viszont teljesen felvehetők, utóbbiak tehát elvileg hatékonyabb szerek.

Ennek gyökeresen ellentmondó kísérletek is születtek azonban. A legrégebbi ilyen irányú vizsgálatokat Schattenmann (Compt. rend. T. XVII.) végezte, aki a búzaföld 10 tábláját NH_4Cl és $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ sókkal kezelte, míg ugyanekkor a darabot trágyázatlanul hagyott. A trágyázás holdanként 162 kg (324 font) műtrágya adagot, ill. annak többszörösét jelentette. Az ammóniumsók (mondja Schattenmann) feltûnő hatást gyakoroltak a búzára. Már 8 nap után a növények sötétzöld színt vettek fel, ami biztos jele az erős fejlődőképességnek. A terméseredményeket alább közöljük:

Kezelés ill. trágyázás	Termés kg-ban		Terméstöbblet kg-ban	
	Szem	Szalma	Szem	Szalma
Trágyázatlan	1182	2867	-	-
NH_4Cl (162 kg)	1138	3217	-44	+350
NH_4Cl (324, 486 kg)*	878	3171	-304	+304
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (162 kg)	1174	3078	-8	+211

(NH ₄) ₂ SO ₄ (324, 486 kg)*	903	3248	-279	+381
--	-----	------	------	------

* A 324 és 486 kg adagok átlagában

Amit a sötétzöld szín megjelenésétől vártak, nem teljesedett be. Az ammóniumsók a szemtermést csökkentették, a szalmatermés pedig kis mértékben nőtt. Bizonyítékul azonban ezek az adatok nem szolgálhattak, mivel guanóval nem végeztek összehasonlítást. Nem kizárt, hogy e talajon a guanó is hasonló hatású lett volna. Néhány évvel később Lawes és Gilbert Rothamstedben, Angliában egy sor olyan eredményt közölt, melyek az ammóniumsók hatását látszottak igazolni. Vagyis a búza szem- és szalmatermése inkább az adott ammóniumsók mennyiségével áll arányban és e trágyaszerek önmagukban kiváló termésfokozók. Lawes és Gilbert kísérletei azonban nem perdöntők. A bizonyítás lényegéről elképzelésük sem volt, mert hiányzott a trágyázás nélküli kontroll, valamint a P és K kezelés. Induláskor több évre elegendő P és K trágyát szórtak ki, pontosabban 560 font kénsavval feltárt csontot és 220 font kovasavas káliumot adtak. A következő években csak ammóniumsókat alkalmaztak. Vajon hihető, hogy az ilyen körülmények között kapott terméstöbbletek kizárólag az ammóniumsók hatására jöttek létre?

Lawes és Gilbert feltehetően bizonyítani kívánják, hogy a guanó hatása NH₄-készletéből ered és az egyéb alkotóknak nincs termésnövelő befolyásuk. Ha a guanót vízzel kilúgoznák és az egyik parcellát a kioldott alkatrészekkel, míg a másikat érintetlen guanóval trágyáznák, a kérdés eldönthető lenne. Amennyiben egy harmadik földdarabot a guanó kilúgozás utáni maradékával kezelnék, az ásványi alkotórészek hatását is becsülni lehetne. A valóságban nem ammóniumsókkal trágyáztak, hanem guanóval, amely úgy hat, mint a szuperfoszfát, a kálisók és az ammóniumsók keveréke. Az analógia szó szerint alkalmazható Lawes és Gilbert kísérleteire.

A szerzők az első évben annyi oldható P-ral, Ca-mal és K-mal trágyáztak, amennyi kb. 1750 font guanóban található. A következő évben hozzáadták az ammóniumsókat. A megelőző termések következtében a talaj nyilvánvalóan szegényebb lett N-ben és így az ammónia sói kiválóan érvényesülhettek. Ezek a kísérletek figyelemre méltóak, de félremagyarázhatók egy olyan korban, amikor a helyes alapelveket még nem értették meg. Az eredmények kritikai értelmezése nélkül a gazdákat tévútra vezethetik. Az ammóniumsókat 1857-ben és 1858-ban vizsgálta a bajor mezőgazdasági egyesület Bogenhausenben. A guanó és az azonos N-tartalmú ammóniumsók összehasonlító kísérleteinek eredményei meghatározó jelentőségűek.

A kiválasztott tápanyagszegény vályogtalaj a szokásos istállótrágyázás mellett rozsot, majd ezután kétszer zabot termelt. A parcellák területe 1914 négyzetláb volt, négy parcellát ammóniumsókkal, egyet guanóval trágyáztak s egy par-

cella trágyázatlan maradt. Abból indultak ki, hogy 336 font guanó 1 bajor holdra (ill. 400 font guanó 1 angol acre-re) az istállótrágyázással azonos értékű, tehát parcellánként kb. 20 font guanó szükséges. A jó minőségű perui guanóban 15.39 % ammóniának megfelelő N-t találtak. Általában a N-nek fele van ammónia alakban, másik fele karbamid, guanin stb. formájában. Feltételezték, hogy a többi vegyületben éppen olyan hatékony a N, mint az ammóniában. Ezután kiszámították a különféle ammóniumsók mennyiségét. Az említett 20 font guanóban 1719 g ammónia volt, ugyanennyi ammóniát kapott a többi kezelt parcella. Az árpa termése 1857-ben nem változott érdemben az ammóniumsók hatására, a guanó ezzel szemben 2.5-szer több szemet és 80 %-kal több szalmát eredményezett:

Alkalmazott trágyázás	Szem	Szalma
5880 g NH ₄ -karbonát	6.34	16.2
4200 g NH ₄ -nitrát	8.47	16.8
6720 g NH ₄ -foszfát	7.28	17.9
6720 g NH ₄ -szulfát	6.91	18.3
20 font guanó	17.20	33.3
Trágyázatlan	6.82	18.4

A kísérletet a következő évben más helyen őszi búzával megismételték. A kiválasztott területet 6 évvel ezelőtt kezelték istállótrágyával és őszi rozsot, majd herét és végül 3 éven át zabot termeltek rajta. A zab utáni tarlóhántást követően még kétszer szántottak és 1857. szept. 12-én vetettek. Ugyanaznap boronáltak is. A vetés után közvetlenül enyhe zivatar volt. A táblát 17 db 1900 négyzetláb területű parcellára osztották fel, melyeket barázdákkal választottak el egymástól. A parcellákat külön vetették és boronáltak. A guanó adagja 18.8 font volt és N-tartalma alapján számították ki az ammóniumsók mennyiségét. Az előző kísérlethez hasonlóan mindegyik parcella azonos mennyiségű N-t kapott. Az eredmények a következők (búza, 1858, kg):

Alkalmazott trágyázás	Szem	Szalma
18.8 font guanó	33.0	79.2
11.8 font NH ₄ -szulfát	19.6	41.4
11.9 font NH ₄ -foszfát	21.5	38.9
10.6 font NH ₄ -karbonát	25.0	57.9
7.1 font NH ₄ -nitrát	27.1	65.1
Trágyázatlan	18.1	33.0

A kísérleti adatok szerint téves az a nézet, mely a guanó hatékonyságát egyedül a benne lévő N-tartalomra vezeti vissza. Ha a talajból egyéb nélkülözhetetlen tápanyagok hiányoznak, az ammónia nem tud érvényesülni. Schattenmann kísérleteiben és Bogenhausenben az ammóniumsóknak feltehetően ezért nem volt hatása. Lawes és Gilbert viszont e feltételeket biztosították és így hatékonytá tették

az ammóniát. Kuhlmann pozitív eredményei az ammóniumsókkal végzett rétrágyázás terén hasonlóképpen magyarázhatók. Az NH_4 -szulfáttal kezelt rét több mint 50 % terméstebbletet adott, mert bizonyos mennyiségű P, K stb. tápelemet a talaj szolgáltatott. Mindez ammóniumsók nélkül lehetetlen lett volna. Amikor ezen túlmenően még Ca-foszfátot is adott, a termés csaknem megháromszorozódott 1844-ben (széna, kg/ha):

Alkalmazott trágyázás	Termés	Többlet
250 kg NH_4 -szulfát	5564	1744
333 kg NH_4 -klorid + Ca-foszfát	9906	6086
Trágyázatlan kontroll	3820	-

Akik a trágyaszerek N-tartalmát tekintették alapvetőnek, azok a talaj kimerülésének okát is a N-ben látták. A talajok egyenlőtlen termékenysége ezek szerint az egyenlőtlen N-tartalomtól függ. Ez a nézet is csúfos kudarcot vallott, hiszen ami nem volt igaz a trágyaszerek esetében, az nem lehetett igaz a talaj esetén sem. A talaj elemei közül talán a N határozható meg a legnagyobb pontossággal.

Egy tápanyagban kimerült talaj szántott 10 col rétege Bogenhausenben 5145, Weiherstephanban 5801 kg/ha N-t tartalmazott. 1857-ben mindkét termőhelyen tavaszi árpát vetettek és ha-onként az alábbi terméseket nyerték. Bogenhausen: 413 kg szem + 1115 kg szalma (összesen 1528 kg), Weiherstephan: 1604 kg szem + 2508 kg szalma (összesen 4184 kg). Gyakorlatilag azonos N-készlet mellett Weiherstephan majdnem négyszeres szem és több mint kétszeres szalmatermést adott.

A kísérleteket 1858-ban Weiherstephanban őszi búzával, ill. Schleissheimben őszi rozssal megismételték és a következő eredményeket kapták. (A 10 col talaj N készlete Schleissheimben 2787, Weiherstephanban 5801 kg/ha.) Schleissheim: 115 kg szem + 283 kg szalma (összesen 398 kg), Weiherstephan: 1699 kg szem + 3030 kg szalma (összesen 4729 kg). Schleissheim N-készlete Weiherstephan talajához viszonyítva 1:2, míg a termésé 1:14 volt. Tehát nem mondhatjuk, hogy a talaj termőképessége a N-készlettel arányos. Valójában nem is vallja már senki ezt a nézetet Kroker 1846-ban végzett kísérletei óta. Kroker 22 különböző helyről származó talajféleség N-tartalmának meghatározásával kimutatta, hogy még a terméketlen homoktalaj is százszor, más szántóföldi talajok 500-szor vagy 1000-szer több N-t tartalmaznak a szántott rétegben, mint amire egy jó közepes termésnek szüksége van. Azóta mindenütt végeztek hasonló vizsgálatokat, melyek Kroker eredményeit alátámasztották.

Tény, hogy a művelt földek N-készlete általában nagyobb a P-készletnél. A N-készlet azonban nem alkalmas sem a talajok, sem a trágyaszerek termőere-jének megítélésére. A kémiai elemzéssel kapott eredmények között feloldhatatlan

ellentmondás alakult ki. A laboratóriumban meg lehet határozni a trágyaszor N %-át, de miután a gazda a trágyát a talajba dolgozta, a talaj %-os N-tartalma már nem tükrözi a termőképességet. Az ellentmondást magyarázva észrevették, hogy a talajban található N formái eltérőek. A guanó, istállótrágya vagy chilei salétrom N-je hatékony. A N-t nem NH_4 vagy NO_3 alakjában tartalmazó trágyaszorok, mint pl. a szaruforgács vagy a gyapjúrongyok lassú hatásúak. Ez vezetett ahhoz a feltevéshez, hogy a N éppúgy különböző természetű a talajban, mint a trágyákban. Egy része NH_4 vagy NO_3 formában felvehető, míg másik része nem felvehető és természetéről nem tudunk semmit. A talaj termőképessége nem az összes, hanem felvehető N-tartalmával áll arányban. Feltették, hogy ha a talaj össz-N készletének 6 vagy 2 %-át tartalmazza a betakarított szem és szalma, akkor csak 6 vagy 2 %-a volt hatékony formában, a többi 94 vagy 98 % felvehetően maradt.

Ezzel feladták a korábbi trágyaértéken alapuló rendszert. A trágyák érték szerinti sorrendjében azonban a szárított vér, szaruforgács, enyv, repcefogácsalisz (csupa olyan N-gazdag anyag, mely sem nitrátot, sem ammóniát nem tartalmaz) előkelő helyet foglalt el. Mindezt kémiai analízissel nem lehetett megmagyarázni, bár feltételezték, hogy a trágyaszorok N-vegyületei, ill. a vér, repcefogácsalisz, enyv albuminja fokozatosan ammóniává alakul át. A talaj nem-felvehető N-vegyületei viszont nem rendelkeznek azzal a képességgel, hogy ammóniává vagy nitráttá alakuljanak.

A meszes talaj gyakran nem ad jobb heretermést, de senki sem gondolt arra, hogy a mész is hatékony és nem-hatékony állapotú lehet, ill. a terméskülönbséget a mész hatékony része okozza. Hasonlóképpen nem volt ismert, hogy a csontliszt hatástalanná válhat bizonyos talajokon. Az N-hatás elmaradásának okát nem a talajban, hanem a N-vegyületek természetében keresték. A N központi szerepét hangoztató nézet tehát példa nélküli fogalomzavarhoz és az extrém feltételezésekhez vezetett. Senki sem vette a fáradságot, hogy a hatástalannak tartott N-vegyületek közül egyet is kinyerjen a talajból és tulajdonságait tanulmányozza. A talaj-N eredetével ma már tisztában vagyunk. Részben a levegőből származik, ahonnan esővel, harmattal stb. jut a talajba, részben szerves anyagokból, növényi részekből ered, melyek az elhaló növénygenerációk hosszú sora következtében a talajban felhalmozódnak. Forrásai az állati maradványok is, melyeket a talaj tartalmaz, ill. az ember trágya alakjában a talajba dolgoz. Az állatok és emberek ürüléke ill. tetemei átalakulnak és csak a hamuanyagok maradnak vissza. A N ammóniává válik és gáz alakban terjed szét a talajban.

Hegységekben lelőhelyeket képeznek vagy kőzetekbe beágyazva találhatók a kihalt állatok maradványai. Mindez bizonyítja a szerves élet jelenlétét a Föld korábbi időszakában. A talajokban ammóniává ill. nitráttá átalakult N-tartalmú alkotórészek a jelenkori növény- és állatvilág háztartásában is aktív szerepet játszanak. E tekintetben Schmid és Pierre vizsgálatai minden kétséget eloszlatnak (Compt. rend. T. XLI. p. 711-715.). Schmid (St. Peters Akad. Bull. VIII. 161) az oroszországi Orel kormányzóságban több csernozjom talajmintát vizsgált meg. Ezek közül három "szűz" talajból származott és feltehetően sohasem állt mező-

gazdasági művelés alatt. Az érintetlen talaj N-tartalma a következőképpen alakult: gyeper alatt közvetlenül 0.99 %, alatta 0.45 %, mélyebben 0.33 %. Ha feltételezzük, hogy 1 liter talaj súlya 1100 g, akkor 1 hektár területre számítva a következő N-t tartalmazta:

Az 1. 10 cm-ben	10890 kg
A 2. 10 cm-ben	4950 kg
A 3. 10 cm-ben	3630 kg
A 30 cm-es rétegben összesen	19470 kg

Pierre egy Caen melletti talaj 1 méterében közel 20 ezer kg/ha N-készletet mutatott ki. A készlet mélységi megoszlása az alábbi volt: 0-25 cm 8360 kg, 25-50 cm 4959 kg, 50-75 cm 3479 kg, 75-100 cm 2816 kg, azaz összesen 19614 kg/ha. Vagyis a tulajdonképpeni 10 col szántott réteg mindkét vizsgálat szerint a leggazdagabb volt N-ben és a mélységgel csökkent a N-készlet. Az adatok bizonyítják a talaj-N eredetét. A felső rétegből legnagyobb a növényi felvétel, a készlet mégis itt a legnagyobb, mert a N kívülről származik. A termékeny búzatalajok szántott rétegének N-készlete általában 5-6 t/ha feletti. Az éves termés ennek csak tört-részt használja fel.

Mayer kísérletei azt mutatják, hogy a talaj alkálifémek vizes oldataival szembeni viselkedéséből nem következtethetünk a talaj N-vegyületeinek természetére. Feltételezték ugyanis, hogy az ammónia-N maró lúgokkal desztilláció útján leválasztható, ill. a N le nem vált része nem lehet ammónia. Mayer azonban azt tapasztalta, hogy némely humuszban gazdag talaj 4 órás forralás után még jelentős mennyiségű ammóniát tart vissza. Ehhez a kísérlethez a következő talajokat használta:

1. Üres fatörzsből vett talaj,
2. Botanikus kertből származó humuszgazdag kertiföld,
3. Bogenhauseni nehéz agyagtalaj.

Az 1. talaj 7308, a 2. talaj 4538, a 3. talaj 1576 mg ammóniát tartott vissza kg-onként.

A talaj, ammónia híg oldatával kezelve, sőt NH_3 -gázt tartalmazó térben vagy NH_4 -karbonát mellett hagyva telítődik. Amennyiben a telített talajt vékony rétegben kiterítve 14 napon keresztül levegőn megszárítjuk, a nem-kötött ammónia eltávozik. A nem-kötött rész kivonható ismételt hideg vizes kezeléssel is. Az abszorbeált jelentős része azonban ilyen módon nem, csak nátronlúgos forralással távolítható el. A következő táblázatban A azt a mennyiséget jelöli, melyet a talaj közönséges hőmérsékleten abszorbeált; B pedig a 12-15 órás Na-lúgos forralás után visszatartott mennyiséget mg ammónia/kg talajra számítva:

Kezelés	Havanna	Schleissheim	Bogenhausen	Agyagtalaj
A ammónia	5520	3900	3240	2600

<i>B</i> ammónia	920	970	990	470
------------------	-----	-----	-----	-----

A talajok ammónia-megkötő képessége eltérő. Havanna sovány meszes talaja az abszorbeált 1/6-át, Schleissheim talaja 1/4-ét, Bogenhausené 1/3-át kötötte meg. Az ammónia tehát nemcsak só alakjában fordul elő a talajban. Az NH_4 sóit az alkálifémek, földfémek és fémoxidok könnyen elbontják, eközben valamelyik másik fém helyettesíti az ammóniát. A porózus szántott rétegben fizikai vonzással megkötött NH_4 csak olyan anyaggal választható le, melynek erősebb a vonzása.

A Ca-karbonát hidegben alig hat az NH_4 -szulfátra, de meszes talajban a só elbomlik és az NH_4 helyére a Ca lép. Az ammónia mégsem szabadul fel, mert egy másik vegyületet képez, melyre a mész nem tud hatást gyakorolni. Ez az oka, hogy az ammóniával telített talaj nátronlúggal való forralásakor az ammóniának csak egy részét lehet kinyerni. Talán inkább a tartós vízfürdő, mint a Na hatására alakul át a kötött ammónia lassanként gázzá és válik szabaddá. Ennél a műveletnél az ammóniaképződés folyamatos, a desztilláció után felfogott folyadék még 25 órai vízfürdő után is lúgos kémhatást mutat.

A talajok természetes állapotukban is úgy viselkednek a Na-lúgos forralással szemben, mintha ammóniával részben telítve lennének. A következő táblázatban az *A*-val jelölt mennyiségek a nátronmésszel végzett izzítás után mért N-t jelentik, a *B*-vel jelöltek pedig a 12-25 órán át nátronlúggal kezelt talajokét, mg/kg ammóniára számolva:

Kezelés	Havanna	Schleissheim	Bogenhausen	Agyagtalaj
<i>A</i> ammónia	2640	4880	4060	2850
<i>B</i> ammónia	510	1270	850	830

Látható, hogy a talaj-N 1/3, 1/4 vagy 1/5 részét lehet ammónia alakjában felszabadítani 12-25 órás Na-lúgos forralással. A visszamaradó rész a természetét nem változtatja meg, a természetes állapotú talaj jelentős mennyiségű ammóniát tárolhat. Feltehető, hogy a talaj-N uralkodó formája az ammónia, bár egy része kétségtelenül nitrát formában van. A talaj-N viselkedése azonos az istállótrágya-N viselkedésével. Az istállótrágya N-jének csak egy részét lehet lúgos desztillációval elkülöníteni, a N nagyobb része csak roncsolással válik szabaddá.

A következőkben bemutatott vizsgálatok szerint a schleissheimi és a bogenhauseni talaj annyi ammóniát tartalmaz, mint az azonos súlyú istálló-trágya. Amennyiben az istállótrágya hatékonyságát kizárólag ammónia készle-tének tudjuk be, Schleissheim terméketlensége megmagyarázhatatlan. Az istálló-trágya és a talaj N-tartalmú alkotóinak eredete azonos, vajon miért hatékony a trágya és miért nem a talaj-N?

Az istállótrágya és a talaj összes N és ammónia tartalmának összehasonlítása:

Vizsgált anyag	Összes-N	Leválasztható ammónia
40 t istállótrágyában		
1854. november	514 font	98 font*
1855. április	712 font	74 font
40 t talajban		
Schleissheim	322 font	102 font
Bogenhausen	267 font	68 font

* Völker elemzése alapján ebből 27 font szabad ammónia, 71 font pedig az ammónia sóiban található.

Tény, hogy a talajok N-vegyületei gyakran nem növelik a termést. A trágyák eredményességét olyan tényezők határozzák meg, melyek a talajból hiányoznak. A gazda azonban mobilizálhatja a talaj N-készletét. Nézzük meg pl. Schleissheim két táblájáról kapott termését és hasonlítsuk össze a talajban található N-nel, kg/ha:

10 col talaj N-készlete, kg/ha	Növény faja	Kísérlet éve	Szem- termés, kg/ha	Szalma- termés, kg/ha
		Kontroll		
I. tábla, 2787	Őszi rozs	1858	115	282
II. tábla, 4752	Tav.búza	1857	644	1656
		Szuperfoszfát		
I. tábla, 2787	Őszi rozs	1858	654	1341
II. tábla, 4752	Tav.búza	1857	1301	3813

A két talaj N-készletének aránya 100:160, a kontroll szemterméseké 100:560. Ha a termés a talaj hatékony N-tartalmával áll arányban, akkor a II. szántó nemcsak összes, hanem hatékony N-ben is gazdagabb. Három tápanyag (S, P és Ca), azaz a szuperfoszfát hozzáadása után azonban a termés nőtt anélkül, hogy a talajban lévő N mennyiségét növeltük volna az I. táblán. Tehát az I. tábla talajában éppen annyi hatékony N volt, mint a másokban. A N hatása akkor vált láthatóvá, amikor a hiányzó anyagokat pótolták. Szuperfoszfát hozzáadásával a II. tábla termése megduplázódott. Amikor az I. táblán a szuperfoszfát mellett még 137 kg konyhasót és 755 kg Na-szulfátot is adtak, a termés enyhén tovább nőtt és 700

kg szemet, ill. 1550 kg szalmát takarítottak be. A N-nek még nagyobb része vált hatékonnyá.

Az iparostól, kézművestől eltérően a mezőgazda gyakran olyan nézeteket vall, melyek nem igazolhatóak. A más tájakon szerzett megfigyeléseknek viszont bizonyító erőt tulajdonít. Ha saját földjein kísérleteket végezne, könnyen felismerné a trágyaszerek igazi értékét. Más tápanyagnak is jelen kell lennie ahhoz, hogy egy elem hasson. Ez a N-re is igaz. Hasonlóképpen hatástalan a P, K, Ca, Mg, Si, Fe is, ha felvehetőségük valamely feltétele hiányzik, ill. az egyéb elemekkel való ellátottság alacsony.

A termések nem állnak arányban a talaj N-tartalmával. A logika minden szabályával ellentétben áll, ha a talaj kimerülését mindenek előtt a N-veszteség terhére írjuk! A gazda alapvető érdeke megismerni, hogy az atmoszférából évente mennyi N pótlódik vissza. Ily módon racionálisan gazdálkodhat, csak a hiányzó mennyiséget fogja trágyával pótolni. Esetleg törekszik N-veszteségét a természetes forrásokból fedezni és így elkerülheti a költséges guanó vásárlását. Mindez igaz az ammónia alkalmazására is. Amennyiben a termelés fokozása a talaj-N növelésétől függne, akkor már eleve minden előrelépésről le kellene mondani. Szerintem a haladás csak az üzem belső N-forgalmán alapulhat, arra a N-re támaszkodhatunk, amit a gazda saját földjén össze tud gyűjteni. A N vásárlását lehetőleg kerülni kell.

Lawes angliai kísérletei alapján 1 font ammóniumsóval átlagosan két font gabonaszem nyerhető. A kísérleti 1 acre terület trágyázás nélkül hét egymást követő évben 1125 font gabonaszemet és 1756 font szalmát termett. Később valamennyi ammóniasóval trágyázott parcella P-t és kovasavas K-ot is kapott. Lawes erről azt mondja (J. of the r. agr. tri. of E.T.V., 14 p. 282), hogy egy bushel búzaszem-terméstöbblet, ami 64-65 font és átlagosan 1 font N-t tartalmaz, előállításához 5 font ammónia szükséges. Azaz 16 font NH_4 -klorid vagy 20 font NH_4 -szulfát. Hozzáteszi, hogy a kísérletben ténylegesen elért többlettermés alapján ez csak közelítő becslés. Lawes átlagosan 300 font ammóniumsóval trágyázott és mintegy 50 %-os szemtermés-többletet ért el.

Tételezzük fel, hogy a terméstöbbletet kizárólag az ammóniumsók okozták és a talaj egyéb tápelemekben kimeríthetetlen. Becsüljük meg, mennyi ammóniumsóra lenne szüksége a Szász Királyságnak 50 %-kal több búzaszem eléréséhez. 1843-ban Szászországban 1 344 474 acker (1 acker = 1368 angol acre) szántóterület volt szőlők, kertek és rétek nélkül. Amennyiben kétévénként egy búzatermést kapunk 4 centner ammóniumsó felhasználásával, akkor évente 2 688 958 centnerre volna szüksége. Az ammóniumsókat állati hulladékokból és gázvízből állítják elő. Nyilvánvaló, hogy Anglia, Franciaország és Németország valamennyi gyára együttesen nem képes annak az igényelt mennyiségnek 1/4-ét legyártani, amire egy viszonylag kis országnak szüksége volna.

Egyenletes eloszlás esetén vajon mennyi ammóniumsó jutna Ausztria német szövetségi területeire, ahol 11 millió hold (1 hold = 1422 angol acre) szántóterület

van, Poroszországra, ahol 33 millió Morgen (1 Morgen=0.6331 angol acre) a szántóterület; és Bajorországra, ahol 9 millió Tagwerk (1 Tagwerk = 0.842 angol acre) a szántóterület? Mindezt könnyű kiszámítani. Még ha az ammóniumsó termelését meg is lehetne sokszorozni, jelentéktelen befolyása lenne a termésekre.

A legkelendőbb perui guanó maximum 6 % ammóniát tartalmaz. Tegyük fel, hogy az európai kultúrállamok (ezekhez számítom Angliát, Franciaországot, a skandináv országokat, Belgiumot, Hollandiát, Poroszországot és a többi német államot Ausztria nélkül 120 millió lakossal) évszázadokon keresztül évente 6 millió centner perui guanót és benne 360 ezer centner ammóniát hoznak be. Amennyiben 5 font ammóniával 65 font terméstöbbletet nyerünk, úgy minden lakos évente mindössze 4 font többlet gabonához jutna. Egy fő átlagos igénye 2 font/nap, az éves szinten 730 font. A fenti becslés szerint 36 millió font ammónia 468 millió font búzaszemet v. gabonaértéket hoz létre. Ezzel egy éven át 641 ezer ember táplálható.

Anglia és Wales lakosságának évi 1 %-os növekedése 200 ezer embert jelentene, vagyis a 3 év alatt 600 ezret. A 6 millió centner guanóval termelhető gabonaérték Anglia és Wales megnövekedett népességének igényét mindössze néhány évig biztosítaná. És mi lenne a helyzet Angliában vagy Európában 6-9 évvel később, ha a növekvő lakosság igényét csupán az import ammónia fedezné? Lehetséges volna 6 év alatt 12, ill. 9 év alatt 18 millió centner guanót importálni? A guanó mint ammóniaforrás nemsokára kimerül és nincs új forrás a láthatáron. A népesség ugyanakkor nemcsak Angliában, hanem egész Európában több mint évi 1 %-kal gyarapszik. Ahogy a népesség az exportáló Egyesült Államokban, Magyarországon stb. nő, úgy ezen országok gabonakivitele csökkenni fog. Hiú remény a terméshozamok növelése ammóniasókkal.

Németországban jelenleg 1 font búza 4.1 font NH_4 -szulfát 9 krajcárba kerül. Mivel a gazda ráfizetne, ezért mind ez ideig egyetlen országban sem alkalmaztak ammóniumsókat. Igaz, hogy egyes műtrágyagyártók termékeikbe ammóniumsót is tesznek. Tudják, hogy a gazdák, bár hasznát egyikük sem képes megítélni, kedvelik az ammóniát. Ez a vélemény lassan el fog tűnni, ha majd megtanulták hasznosítani azt a N-t, amely amúgy is rendelkezésükre áll földjeiken. A talaj hatalmas N-készlete, a levegő és az esővíz N-hozama, a gazdálkodás valamennyi körülménye arra utal, hogy a termesztés nem vezet N-kimerüléshez. A szénhez hasonlóan létezik N-ciklus, mely lehetővé teszi a talaj hatékony N-készletének folytonos gyarapodását.

A szuperfoszfát és más N-mentes trágyák mint a mész, kálisó, gipsz stb. pozitív hatása a búza, répa és a here termésére azt mutatja, hogy a N már felhalmozódott földjeinkben. Az a véleményem, hogy pótlólagos N nélkül is maximális termések érhetők el. Mindez nem jelenti azt, hogy az istállótrágya felesleges, sőt ezen alapszik a gazdálkodás módja. A kimerült gabonaföldeket trágyázni kell, tápanyagfelesleget létrehozva. De egyetlen tápanyagból sem kell arányosan több, mint a másikból. Ez a szemléletmód feltételezi, hogy a gazda a

vetésforgó helyes megválasztásával, azaz a gabona- és a takarmánytermelés helyes arányával, az istállótrágyában lévő ammónia gondos megőrzésével a N fölöslegét is biztosítja.

Az atmoszféra és az eső N-je általában kielégíti a növényi igényeket. Az időbeli megoszlás azonban gyakran nem megfelelő, időszakos hiány léphet fel. Takarmánynövényekkel javul a gabonaföldek termékenysége, mert vér- és húsal-
kötő fehérjék formájában összegyűjtik az atmoszférából származó N-t a talajban. Amikor a gazda répával és hereszénával eteti lovait, birkáit, szarvasmarháit, állatai szilárd és folyékony ürülékében ammónia, valamint N-gazdag vegyületek maradnak vissza és aztán a búzaföldekre kerülnek.

A gyenge levél- és gyökérfejlődést mutató rövid tenyészidejű növények annnyival több trágyát igényelnek, amennyivel rövidebb idő áll rendelkezésükre a tápanyagfelvételhez. A szász kísérletek is bizonyítják, hogy a talaj termékenysége függ az istállótrágya mennyiségétől, ill. a legfelső talajrétegben történő N-forgalomtól. A trágyák mennyiségét viszont a takarmánynövények fejlődése és termése behatárolja. A N-forgalom adatai a trágyázatlan parcellákon az alábbiak voltak 1851-1854. között, font/acker/4 év:

Termőhely megnevezése	Betakarított termésben	Eladott	Istállótrágyában pótolt	Hereszéna termés
Cunnersdorf	342	78	264	9144
Mäusegast	280	84	175	5538
Kötitz	161	55	106	1095
Oberbobritzsch	128	57	70	911

A termésekkel kivont és az istállótrágyával pótolta N tehát arányban áll a herehozamokkal. A takarmánynövények a szántott réteg N-feleslegét biztosít-
hatják a soron következő gabona számára. Nem állítjuk azonban, hogy minden gazda minden esetben tekintsen el az ammónia vásárlásától. A földek természe-
tüknél fogva különböznek. A meszes, humuszos talajban a megkötött ammónia egy része nitráttá alakul, mely Ca- vagy Mg-nitrátként kilúgúzódhat. Ez a veszteség meghaladhatja az atmoszférából pótoltat. A korábban művelés alól kivont területeken is elszegényedhet a talaj N-ben kilúgzás miatt. Az újbóli művelésbevitel előtti N-trágyázás kezdetben rendkívüli eredményeket hozhat.

A gazdára mély benyomást gyakorol a N látványos hatása. Az összehasonlító kísérletekben a fiatal vetések kitűnnek a guanóval, ammóniával vagy chili-salétrommal trágyázott földeken sötétzöld színükkel, több és szélesebb leveleikkel. De ismét hangsúlyozzuk, hogy a termés csak akkor felel meg az elvárásnak, ha a talajban egyéb tápanyagból is felesleg van. Az ún. Münchener Kísérletek (Journ. f. Landw. (3) I. 208) mesterséges, tápanyagokban gazdag tőzegtalaján 5 babnövény

52.8 g szemtermést hozott. Ha a talajt más tápanyagokkal is telítették, az alábbi terméseket kapták, g-ban:

Kezelés	Szemtermés, g
Tőzeg + kálium	57.2
Tőzeg + kálium + ammónia	89.2
Tőzeg + foszforsav	56.9
Tőzeg + foszforsav + ammónia	93.8
Tőzeg + nátrium	51.7
Tőzeg + nátrium + ammónia	90.6
Tőzeg + ammónia	84.8

A N-túlkínálat a fiatal növények felnyurgulását eredményezi. Melegágyakban a levelek és száruk vízben gazdagok és puhák. Túlhajtott fejlődésük miatt nincs elég idejük arra, hogy pl. Si-ból és Ca-ból (melyek a növényi szerveknek szilárdságot és külső behatásokkal szembeni ellenállóképességet adnak) megfelelő mennyiséget vegyenek fel. A szárszilárdság különösen humuszos talajokon nem kielégítő. A burgonya N-dús közegben, hűvös és nedves időben gyakran megbetegszik, míg a hamuval trágyázott szomszédos földeken egészséges marad.

Sok ezer gazdának fogalma sincs a növények táplálkozásáról vagy a trágyák összetételéről, mégis ugyanolyan eredménnyel használnak guanót, csontlisztet stb., mint mások. A trágyaszerek kémiai analízise inkább szolgálja a hatóanyag-tartalom és ezen keresztül az ár meghatározását, mint a trágyahatás előrejelzését. Angliában fél évszázadon át használták a csontlisztet anélkül, hogy elképzelésük lett volna hatásmechanizmusáról. Később arra a téves nézetre jutottak, hogy hatékonyságát N-tartalmú enyves anyagának köszönheti. Mindez nem befolyásolta piacát. A gazda nem a N miatt trágyázott csontliszttel. Nagyobb termést akart elérni és tapasztalta, hogy nélküle ez nem várható.

A rablógazdálkodáshoz korlátozott intelligencia is elegendő. A mechanikus ismeretek átörökítése képessé teszi a tudatlan embert az ilyen művelésre. Racionális fenntartó üzemhez azonban, amikor a tőke és a munka igazán hatékony, tudásra és tapasztalatra van szükség. Többre, mint más iparágak üzéséhez. Mert a racionális mezőgazdának nemcsak minden tényt kell ismernie, hanem azokat helyesen értelmeznie is szükséges. Tisztában kell lennie beavatkozásai hatásával, a talajban lejátszódó jelenségekkel. Nem lehet olyan fél-ember, aki cselekedeteiről nem tud többet mint egy kandúr, mely aranyhalakat képes a vízmedencéből ügyesen kifogni.

Konyhasó, Na-nitrát, ammóniumsók, gipsz

Ezek a sók gyakran kiváló műtrágyáknak bizonyulnak, hiszen a Na, S, Ca, nitrát és ammónia növényi tápanyagok. A tápanyaghatáson túl befolyást gyakorolnak a talaj egyéb tulajdonságaira és ezen keresztül a talajművelés és az atmoszféra szerepét módosíthatják. Az említett sók illetően másodlagos hatása általában rejtve marad előttünk. Ahol a konyhasó növeli a termést önmagában vagy az ammóniumsókkal és a Na-nitráttal együtt, ott a konyhasó hatása részben azon alapul, hogy a talaj tápanyagainak felvehetőségét javítja. A hatásmechanizmus nem ismert. Az első hitelt érdemlő kísérleteket F. Kühlmann (Annal. de chim. 3. Se. T. 20. P. 279) írta le, aki 1845-ben és 1846-ban rétet trágyázott NH_4 -kloriddal, NH_4 -szulfáttal és konyhasóval. A következő szénaterméseket takarította be:

Trágyázás kg/ha	Széna t/ha	Többslet t/ha
	1845-ben	
Trágyázatlan	11.26	-
Szalmiák 200 kg	14.96	3.70
Ugyanaz + 200 kg konyhasó	16.95	5.69
	1846-ban	
Trágyázatlan	3.32	-
NH_4 -szulfát 200 kg	5.86	2.53
Ugyanaz + 133 kg konyhasó	6.50	3.17

Bajorországban a Mezőgazdasági Egyesület egy sor kísérletet állított be 1857-ben és 1858-ban 2-2 parcellával Bogenhausen és Weihestephán térségben. Az egyik parcellát ammóniumsóval, míg a másikat ammóniumsó + 3.08 kg konyhasóval trágyázták. A kísérleteket korábban már ismertettük, az alábbiakban csak a terméseket közöljük kg-ban:

Parcellák sorszám	Ammóniumsó		Konyhasó + ammóniumsó	
	szem	szalma	szem	szalma
	Árpa, Bogenhausen 1857.			
I.	6.4	16.2	14.6	27.0
II.	8.5	16.7	16.5	36.6
III.	7.3	17.9	9.9	24.8
IV.	6.9	18.3	11.1	28.0

Őszi búza, Bogenhausen 1858.				
I.	19.6	41.4	29.9	61.0
II.	21.5	38.9	31.7	72.0
III.	25.0	57.9	31.4	75.0
IV.	27.1	65.1	34.8	74.7

A szem és szalma termése látványosan nőtt a konyhasó hatására. Mindez csak akkor lehetséges, ha a talaj felvehető tápelemtartalma is megnőtt. Hasonló kísérletsort állított be az egyesülés Weihestephanban salétromsavas sókkal. A kísérletek jelzik azokat az eseteket, melyekben a salétromsavas sók magukban vagy konyhasóval együtt jelentős hatást mutatnak. Az *A* tábla Weihestephanban különösen alkalmas volt az árpa termesztésére. A szokásos 600 centner/ha istállótrágyázás után 1854-ben répát, 1855-ben borsót, 1856-ban búzát termeltek. Előtte egy évig ugarolták. A *B* tábla ezzel szemben már négy termést hozott, mielőtt a kísérletet beállították rajta: repcét, búzát, herefüvet és zabot. Tehát viszonylag jobban kimerült tápanyagokban.

A kezeléseket és a terméseket az alábbi táblázat szemlélteti t/ha-ban:

Trágyázás módja	Tav. árpa 1857 (<i>A</i>)		Őszi búza 1858 (<i>B</i>)	
	Szem	Szalma	Szem	Szalma
Trágyázatlan	1.60	2.58	1.70	3.03
Chilei salétrom	2.58	4.38	1.80	3.95
Chilei salétrom + NaCl	2.37	4.35	2.21	4.15
KNO ₃	2.06	4.22	2.25	4.40
KNO ₃ + NaCl	2.31	4.77	2.32	4.45
Guanó	1.92	3.30	2.37	5.09

Megjegyzés: A chilei salétrom 402, a KNO₃ 473, a guanó 473, a konyhasó 1379 kg/ha adagot jelentett. A kísérletet 1857-ben az *A*, 1858-ban a *B* táblán állították be.

A salétromsavas sók 1857-ben az *A* táblán kedvezőbb hatást mutattak mint a guanó, bár ez éppenannyi N-t, valamint plusz P-t és K-ot is tartalmazott. A tábla tápelemkészlete ugyanis elégséges volt a kielégítő árpaterméshez, csak a tápele-mek eloszlását és felvehetőségét kellett növelni. Utóbbit segítette elő a salétrom-savas só és a konyhasóval végzett trágyázás. Emellett természetesen tápanyag-hatásaik is érvényesülhettek. Zöller szerint a Na is szerepet játszhat az árpa szem-

képződésében. A szegényebb *B* táblán 1858-ban a közvetlen trágyahatások érvényesültek inkább. Különösen a guanó volt hatékony, de a konyhasó és a K is növelte a termést. Kimerült talajon a sók nem fejthettek ki jelentős mobilizáló, közvetett hatást a talajra, ill. az egyéb tápelemek felvehetőségére.

A répa és burgonya hamujában sok a Na, míg a réti és konyhakerti növények fémkloridokban gazdagok. A konyhasóval trágyázott rét füveit az állatok is szívesebben fogyasztják, ez a szempont is figyelmet érdemel a trágyaszer megítélésénél. Mivel a Na-nitrát, konyhasó és az ammóniumsók hatása részben a talajtápanyagok mobilizálására korlátozódik, ugyanez az eredmény gondos mechanikai talajműveléssel ugyancsak elérhető. Ebből adódóan helyettesíthetők, kellően művelt talajon kedvező hatásuk kisebb lesz.

Gipsz

Rheinpreussen Mezőgazdasági Egyesület folyóiratának 1861. évi 9. és 10. számában (357. oldal) az alábbi olvasható egy tábla heretermő képességéről: "Rohn-ban Aldenau mellett Kirfeld gazda földje sok kagylótörmeléket tartalmaz. A táblát 23 évvel azelőtt baltacimmal vetette be, mely 10 éven át jó szénatermést adott, de ezt követően erősen elgyomosodott. A gyomok irtására a területet tavasszal vasboronával keresztben jól megjáratták és 8 font vörösherével felülvetették. Vöröshere a baltacimmal kitűnően fejlődött, minden évben két teljes vágást adott 3 éven keresztül. A 3. év után a talajt erősen megforgatták és újra 8 font vörösherével vetették be. Ismét két vágást kaptak 3 éven át a baltacim-vöröshere keverékből. Ezt a műveletet még kétszer megismételték ugyanilyen eredménnyel. Jelenleg a föld 22 éve terem egymás után hereféléket, mégpedig az első 10 évben tiszta baltacimot, a következő 12 évben vörösherét baltacimmal."

Érdekes lenne ennek a hereföldnek K és Ca-foszfát abszorbeáló képességét megvizsgálni. A gipsz herére gyakorolt hatásával Pincus foglalkozott behatóbban, majd ezt követően Rosenfeld állított be kísérletet. Rosenfeld úr Lenkeningen közelében kiválasztott egy jó termést ígérő hereföldet. Május elején a növények kb. 1 col magasak voltak. A táblát három, látszatra azonos állományú 1-1 hold nagyságú parcellára osztotta. A középsőt trágyázatlanul hagyta, a másikat egy centner gipsszel, a harmadikat 1 centner keserűsóval szórta meg. A tábla egyike volt a legjobb kultúrállapotban lévő és legtermékenyebb földeknek ezen a vidéken és előző nyáron gazdag rozstermést adott.

A trágyázás nagy különbséget okozott színben és a here állományában. A gipszezett növények sötétebb zöldek és magasabbak voltak. A virágzás 4-5 nappal előbb következett be a trágyázatlan talajon. Amikor végre a gipszezett parcellák is virágoztak, a herét május 24-én levágták. Mindhárom parcellából egy négyszöglet lemérték és súlyát 1 porosz holdra számítva centnerben megadták:

Trágyázás nélkül	21.6
Gipsz (Ca-szulfát)	30.6
Keserűső (Mg-szulfát)	32.4

A hereszéna vizsgálata szerint a szulfát trágyákkal kapott terméstöbblet döntően a szártermés növekedéséből eredt. A trágyázott here több szárat, kevesebb levelet és még kevesebb virágot tartalmazott a trágyázatlanhoz képest. Erre utal a terméselemek %-os megoszlása, ill. a virághoz viszonyított levél és szár aránya.

Kezelés	Virág	Levél	Szár
Terméselemek %-os megoszlása			
Trágyázatlan	17.2	27.4	55.4
Ca-szulfát	11.7	26.2	61.6
Mg-szulfát	12.2	25.3	63.0
Virághoz viszonyított arányok			
Trágyázatlan	100	160	323
Ca-szulfát	100	224	526
Mg-szulfát	100	208	518
Szénatermés font/morgen			
Trágyázatlan	370	593	1197
Ca-szulfát	358	774	1928
Mg-szulfát	394	850	1996

A hamu mennyisége a terméstöbblet arányában nőtt, s vele a S és a P koncentrációja. A légszáraz here hamuösszetétele az alábbi volt:

Kezelés ill. trágyázás	Hamu %	Hamuhozam font/morgen		
		Összesen	Ebből szulfát	Ebből foszfát
Trágyázatlan	7	150	2	12
Ca-szulfát	8	243	8	22
Mg-szulfát	8	257	6	22

A szulfát-trágyázás a virágok fejlődését gátolta, hiszen arányosan a trágyázott parcellákon 600 fontnál több virágot kellett volna kapni. Kérdés, hogy vajon a magtermés sem nőtt volna? Erre vonatkozóan nincsenek bizonyító kísérletek. Gyakran előfordul azonban, hogy gabonánál a szalmatermés növekedésével csökken a szemtermés. Pl. Seilern 1874-ben Prilepben holdanként 1 centner salétromot adott és az alábbi búzatermést kapta: 630 font szem és 1245 font szalma. A trágyázatlanon 724 font szem és 646 font szalma termett.

A Ca helyettesítése Mg-mal növelte a here termését a korábbi kísérletekben. A gipsz hatása tehát nem a Ca-tartalmára vezethető vissza azokon a talajokon.

Másutt azonban a here gyakran meghalálja a bőséges Ca-hidroxid trágyázást. A gipsz sok meszes talajon is hatékony, hatásának magyarázatául csak a kénsav szolgálhat. Pincus kísérletei szerint azonban a szulfát-trágyákkal kapott termések nincsenek kapcsolatban a szulfát adagjával. Az analízisek szerint kereken 30 font kénsav volt a Mg-szulfát-ban és 44 a gipszben, vagyis arányuk 6:8.8. A here termésében ez a szulfát arány 6:8. A gipszezett parcellákon megfigyelt többlet S-felvétel azonban nem növelte a termést, sőt 8 %-kal kisebb volt a növény tömege a Mg-szulfáttal trágyázottnál.

A gipsz hatásáról még keveset tudunk. Korábbi nézetek szerint a növények oldatból táplálkoznak és az oldott sók összetétele meghatározó. Ma már ismert, hogy a talaj aktív szerepet játszik a táplálás minden folyamatában, így a gipsz esetében is a talajban lesz a megértés kulcsa. Egy sor kísérletet végeztem gipsz telített vizes oldatával különböző talajokat kezelve. Az eredményeket alább közlöm messzemenő következtetések levonásától eltekintve. Gipszvíz talajokkal érintkezve bomlást szenved, a Ca egy része a kénsavból leválik és helyére Mg ill. K lép. Vizsgálataimban 300-300 g talajt kevertem 1-1 l vízzel vagy gipszvízzel és 24 óra után a szűrletet meglemeztem. A tiszta desztillált víz mindegyik talajból kioldott S, Cl, nyomokban P, valamint Ca, K, Na, Mg elemeket. Az alkálifémek, valamint a Ca és a Mg szerves anyagok közvetítésével látszanak feloldódni, mivel a száraz maradék a hevítés során elfeketedik és az izzítási maradék savakkal pezseg. A 300 g talajból oldott Mg mennyisége mg/l-ben az alábbi volt:

Talaj	Deszt. vízben	Gipszvízben
Bogenhausen	30.2	70.6
Schleissheim	31.6	87.8
Bogenhausen altalaj	12.2	84.2
Botanikus kert talaja	45.4	168.6
Bogenhausen (kontroll)	26.6	101.6
Bogenhausen (gipszezett)	38.2	98.0
Schornhof	8.6	63.4
Gyapottföld (Alabama)	1.9	3.8

Ezek a számok azt mutatják, hogy gipszezéssel, tehát egy Ca-só bevitelével a talajban levő Mg oldhatóbbá tehető. Vajon a gipsz pozitív hatása a here termésére ezzel magyarázható? Mások megállapították, hogy a Ca-szulfáttal kezelt talajban a Mg valóban helyettesíti a Ca-ot, ugyanis egy rész Ca az oldatból talajba kerül, míg kénsava ekvivalens mennyiségű Mg-ot vesz fel a talajból. Egy liter tiszta, valamint 300 g talajjal érintkezett gipszvíz az alábbi mennyiségű elemet tartalmazta:

Vizsgált anyag, g/l	Tiszta gipszvízben	Talajjal érintkezve
Szulfát	1.170	1.180
Ca-oxid	0.820	0.736
Mg-oxid	-	0.074
K-oxid	0.08	14.533

A gipsz hatása láthatóan összetett, a Mg és a K oldódását egyaránt elősegíti. Reakcióba lép a talajjal és ez a mélyebb rétegeket is érintheti. Rendszerint a növény összetételének változásával kísérik meg a trágyahatás okát megmagyarázni. Ez nem mindig helyes kiindulópont, hiszen a magvak összetétele (pl. a búzaszemé) olyan kevésbé változó, hogy lehetetlen analíziséből következtetni a talaj tápelemkészletére. A tápanyagellátás hat a magok számára és súlyára, de nem hat elemeinek relatív arányára. Pincus pl. a trágyázatlan here Mg-tartalmát valamivel magasabbnak találta, mint a szulfáttal trágyázottét. Ugyanakkor a trágyázott talajon nagyobb termést kapott és az összes felvett Mg sokkal több volt:

Jellemzők	Trágyázatlan	Ca-szulfát	Mg-szulfát
Hamu MgO %-a	5.87	5.47	5.27
Felvett MgO, font	8.80	13.29	13.54

A növények K, Ca, Mg koncentrációi ingadoznak fajon belül is. A dohány, szőlő, here összetételében tapasztalható, hogy a Ca és a K egymást részben helyettesítheti. Az egyik elem többlete (pl. a Ca) mindig együtt jár a másik elem (pl. K) csökkenésével és fordítva. A Ca-szulfát (gipszezés) növelheti a K felvehetőségét a talajban, míg a Mg-szulfáttal (keserűsóval) végzett trágyázásnál ezt nem igazolták. Pincus hereszéna vizsgálatai alátámasztják, hogy a Ca-szulfát kezelésben több a K és viszonylag kevesebb a Ca a növényben, mint a Mg-szulfát kezelés nagyobb termésében:

Jellemzők	Ca-szulfát	Mg-szulfát
Hamu K ₂ O %-a	35.4	32.9
Hamu CaO %-a	19.2	20.7
Felvett K ₂ O, font	85.9	84.6
Felvett CaO, font	46.6	53.2

Pincus: *Agriculturchemische und chemische Untersuchungen und Versuche der Insterburger Versuchsstation. Gumbinnen, 1871.*

A gipsz képes a talaj tápanyagain mobilizálni Krenzhage kísérletei szerint is. A szerző 30 éve nem trágyázott homokos vályogtalajjal dolgozott. A faiskola tala-

ján szántóföldi növényt nem termeltek de művelésben részesült, így minősége egyenletesnek mutatkozott. A herekísérletet megelőző évben 30 év után a területet megmeszezték és zabbal bevetették. A termés gazdag volt. A herekísérletben trágyaszerként Ca-szulfátot, Mg-szulfátot, K-nitrátot, K-szulfátot, Na-szulfátot, Na-nitrátot, NH₄-kloridot és kénsavval feltárt Ca-foszfátot is kipróbáltak. Két-két parcellán azonosan trágyáztak és minden harmadik parcella trágyázatlan maradt. Ez a kísérleti elrendezés lehetővé tette, hogy használható középértékeket kapjanak. Zab alá vetették a herét és a zab lekerülése után (következő év tavaszán) a területet hús, 1 láb széles utakkal elválasztott parcellára osztották. Április végén az 1 col magas állományra szórták a por alakú trágyákat. A herét kétszer aratták bimbós állapotban. Az első vágás július 12-én történt, a második szeptember 8-án. A két vágás összegének anyagforgalmát az alábbi táblázat foglalja össze, font/morgen:

Kezelések	Sz.a.*	Hamu	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₄
Trágyázatlan	3407	253	86	99	19	29	8.5
Ca-szulfát	3804	266	94	100	20	28	8.3
Mg-szulfát	3436	245	91	89	18	27	8.3
K-szulfát	3210	250	111	85	16	27	7.5
Na-szulfát	3380	280	98	101	22	33	10.0
Ca-foszfát	3607	263	89	96	20	35	9.2
K-nitrát	3260	250	111	77	16	28	7.0
Chilei salétrom	3497	283	96	105	22	33	7.3
NH ₄ -klorid	3309	261	90	98	19	27	6.7

* Szervesanyag-hozam

Láthatóan a gipsz növelte leginkább a here termését, amely 1/9-del meghaladta a nem gipszezettek átlagát. Egyúttal a K többletfelvétele is megfigyelhető. A közel 40 centner száraz herében 94 font K₂O volt, a kontroll 36 centnerében csupán 86 font. Ez az arány hasonló a terméstöbbletéhez, a gipsz hatása tehát részben ezzel magyarázható. De visszafogottnak kell lennünk a következtetések levonásában, hiszen kisebb analitikai hiba is félrevezethető lehet. Végül nem tekinthetünk el attól, hogy a kísérlet csak a here föld feletti részére vonatkozik.

Valójában a trágyaszerek többsége nem növelte a termést, csak a kénsavval feltárt Ca-foszfát adott 2, valamint a chilei salétrom 1 centner szervesanyag-többletet a trágyázatlannal szemben. Ha a gipsz hatása a fokozott K-felvétellel magyarázható, akkor miért nem hatottak a K-trágyák? Esetleg miért hatottak negatívan? Mert túlsúlyba jutottak? A növények felvették a K-ot az analízisek szerint, többletet vettek fel és ezzel megváltozott a tápanyagarányuk. Ez vezetett a termésnek és összetételének változásához is. A tápelemarány módosítja a szervesanyag-szintézist (Zöller, Journ. f. Landw. 1/3. 80, 199, 469. old.) A gipsz

hatását tehát nem lehet a K-trágyával pótolni. A felesleges gipsztrágya is negatív hatású lehet viszont olyan talajon, ahol az optimális tápelemarányok mindenféle trágyázás nélkül fennállnak.

Wilh. Wolf azt találta, hogy a gipsz előnyös hatása a növények gyökerére, növeli a tápanyagfelvevő képességet. A gyökér több K-ot vesz fel a gipszet tartalmazó oldatból. A növény növekedését más irányban is befolyásolhatja. Sachs szerint csökkenti a növények párolgási veszteségeit és így növeli szárazságtűrésüket. Ritthausen szerint nőhet a növények víztartalma és a friss termés súlygyarapodását erre vezethetjük vissza. Ilyen esetben azonban a gipszezett here hamujában több Ca és S lenne. Sok kísérletre lesz tehát szükség, hogy a gipsz talajra és növényre gyakorolt összetett hatását megismerjük.

Mész

Sajnos nem volt alkalom meszezett talajokat vizsgálni, mert ez a gyakorlat sem Giessen, sem München környékén nem divik. Kuhlmann 1845-ben és 1846-ban végzett rétrágyázási kísérletei azt mutatják, hogy a mész pozitív hatása a talajtulajdonságok változásán nyugszik. E változások azonban nem világíthatók meg a talajra vonatkozó szabatos adatok hiányában. A szerző csak a széna összevont hozamait közli, melyek az alábbiak voltak t/ha-ban:

Trágyázás évente	Termés	Többlét
Oltott mész 300 kg/ha	14.3	3.0
Őrölt kréta 500 kg/ha	10.7	--0.6
Kontroll	11.3	--

Ha a Ca-nak mint tápanyagnak hatása lett volna a réti növények fejlődésére, akkor a szénsavas mész nem adott volna alacsonyabb termést. A maró mész hatása tehát közvetett. A gyakran idézett szász kísérletek közül kettőt említünk meg. Az egyiket Oberbobritzschban, a másikat Friedersdorfban állították be. Utóbbinál kontrollként a csontliszttel kezelt szolgált, mert a trágyázatlan parcella hiányzott. A mésztrágyázás 60 véka, azaz cca 110 centner égetett meszet jelentett mindkét esetben. A növények termése az alábbi volt Oberbobritzschban, font/acker:

Év és növényfaj	Trágyázatlan		110 ctr égetett mész	
	Főtermés	Szalma	Főtermés	Szalma
1851 rozs	1453	3015	1812	3773
1853 zab	1528	2812	1748	2320
1852 burgonya	9751	-	11021	-

1854 hereszéna	911	-	2942	-
----------------	-----	---	------	---

Friedersdorfban, font/acker:

Év és növényfaj	1644 font csontliszt		110 ctr égetett mész	
	Főtermés	Szalma	Főtermés	Szalma
1851 rozs	990	3273	1012	3188
1853 zab	1250	2226	1352	2280
1852 burgonya	8994	-	12357	-
1754 hereszéna	4614	-	4438	-

Megemlítjük, hogy a guanó 1854-ben Oberbobritzschban nagyobb hereter-mést hozott mint a mész (l. korábban), viszont Friedersdorfban kevesebbet. A 616 font guanó utóbbi helyen 2737, míg Oberbobritzschban 5044 font szénát adott.

Különböző talajokat mészvízzel kezelve az abszorpciók képesség hasonló a Ca, K és NH₄ esetén. Az eljárás során a talajt mészvízzel kevertem és állni hagy-tam, míg minden reakció eltűnt. Akkor újra mészvízet adagoltam a keverékhez a gyenge, de egyértelmű lúgos reakcióig. A mészvíz, valamint a mészvízből külön-böző talajok által felvett mész mennyiségét az alábbi táblázat szemlélteti 1 liter talajra számítva, g:

Talaj származása	Felvett CaO	Felhasznált mészvíz
Bogenhausen talaja	2.82	2259
Schleissheim talaja	2.40	1917
Botanikus kert talaja	3.00	2400
Bogenhausen (altalaj)	3.29	2630
Bogenhausen (búzatalaj)	2.47	1976
Bogenhausen (here után)	2.47	1976
Tőzegpor	6.30	5040

A. FÜGGELÉK

Az óriásmoszat

A Tűzföldön található óriásmoszat (*Fucus giganteus*) a tengerben minden sziklán megél, de díszlik a legsekélyebb vízben ugyanúgy, mint a legnagyobb mélységben. Azt hiszem az "Adventure" és a "Beagle" útja során nem fedeztek fel a tenger felszínén olyan sziklát, melyet ne fedett volna ez az úszó gyom. Szára hengeres, nyálkás és síma. A moszat ritkán vastagabb egy colnál, de telepeket alkotva már elég erős ahhoz, hogy akár egy kötömböt hordjon. A kövek némelyi-ke olyan nehéz, hogy alig képes valaki a csónakba emelni.

Cook a második utazásakor említi, hogy a "Kerguelen Földön általában rendkívüli hosszúságú ez a növény, bár a szára ritkán vastagabb egy hüvelyknél. Számos helyen a mélységmérő ólommal 24 fonál után sem értük el a feneket. Mivel ez a növény nem egyenesen nyúlik lefelé, egynémelyike 60 fonál vagy még nagyobb hosszúságot is elérhet."

Bizonyos, hogy a Falkland szigeteken és a Tűzföldön vannak olyan sziklák, amelyek 10-15 fonál mélységből emelkednek a magasba. Nem hiszem azonban, hogy bármely növény szára 360 lábat érhetne el, ahogyan Cook közli. A moszat földrajzi elterjedése egyébként tekintélyes. Megtalálható a Cap Horn külső déli szigeteinél és észak felé haladva a tengerparton egészen a 43. szélességi fokig. Chile nyugati partján a 42. szélességi fokon még meglehetősen gyakori. Tehát elő-fordul 15 fok szélességben és 140 fok hosszúságban. Számos élőlény léte szorosan kötődik az óriásmoszathoz. Vastag könyvet lehetne megtölteni eme tengeri rét (ún. Kelp) lakóinak leírásával. Csaknem minden levél, egészen a felszínen úszókig, olyan vastagon van korallokkal díszítve, hogy fehérnek látszik. Találunk finom képződményeket. Egyeseket hidraszerű polipok lakják, másokat összetett szervezetek és szép Ascidiák. Nem kevés a kagylós rák. A levelek sík felületén különféle rajzolatok láthatók, továbbá kagylók és meztelen molluskák tapadnak hozzá.

Ha a nagy egymásba gabalyodott indákat megrázzák, sok kis hal, kagyló, rák, tengeri tojás, csillaghal, szép Holothuriák, Planeriák és a legkülönbözőbb formájú mászó Nereidák esnek ki belőle. A déli félteke nagy tengeri közösségeit csak a trópusi erdőkkel tudom összehasonlítani. De ha utóbbiak sérülnének valahol, talán kevesebb állatfaj pusztulna el, mint az óriásmoszattal. A moszat lombja között számos halfaj él, melyek sehol másutt nem tudnának védelmet és táplálékot találni.

A halfajokkal a sok dolmányos sirály, bűvármadár és más, halból élő madár, valamint a vidra, borjúfóka és a barna delfin éppenúgy eltűnne. Végül maguk a vad tűzföldiek lassan rákényszerülnének a kannibalizmusra, csökkenne számuk és az egész népesség kihalna.

(Chr. Darwin, Journ. of researches 304. nyomán)

B. FÜGGELÉK

Bükkfalevél vizsgálata különböző fejlődési periódusokban (Zöller)

A bükk (*Fagus sylvatica*) leveleket 1860, 1861 és 1862-ben gyűjtötték a müncheni botanikus kertben. Az I. periódus idején 4 méretű (a, b, c, d) leveleket szedtek ill. különítették el 1861-ben. A legkisebb levelek (a) éppen kipattantak a rügyből, míg a (d) levelek teljesen kifejlettek. Fejlődési idejüket tekintve az a és d között 4 nap különbség volt. A másik két levélcsoport b és c nagyságban és fejlődésben a és d között helyezkedett el. Az I. periódusban a levelek még zsengék,

színük sárgászöld. A II. és III. periódus levelei hasonló nagyságúak, durva szerkezetűek, színük sötétzöld (az októberi levél valamivel világosabb, mint a júliusi). A IV. periódus leveleit 1860 november végén gyűjtötték, amikor a fán már elszáradtak. A levelekben 12 % víz és 9 % hamu volt. A zöld levelek adatait az 1. táblázatban mutatjuk be az első 3 periódus idején:

1. táblázat

Mért tulajdonság	I. Mintavétel (05.16.)				II. Mvétel (07.18)	III. Mvétel (10.15)
	a	b	c	d		
1000 db zöld levél adatai 1861-ben						
Összes súly, g	33	73	152	278	263	272
Ebből						
víz, g	23	57	119	218	147	154
sz.a., g	10	16	33	60	116	118
Víz %-a	70	78	78	78	56	57
Sz.a. %-a	30	22	22	22	44	43
Hamu %-a	4.6	5.4	5.8	5.8	7.6	10

Az 1861. évi I., II. és III. mintavétel adatait az 1. táblázat tünteti fel. Az 1860-62. években végzett hamuelemzés I-V. mintavételének eredményeit a 2. táblázat foglalja össze. A Göttingeni Egyetem Mezőgazdasági Kémia laboratóriumában Rissmüller megvizsgálta azokat az újabb levélmintákat is, melyeket Zöller 1864-ben gyűjtött a Münchener Botanikus Kertben. A kapott eredmények megerősítik és szélesítik a korábbi kutatásokat, melyre a 3. táblázat adatai utalnak. Megemlítjük, hogy a 3. táblázatban bemutatott "zsír" éter kivonat, mely könnyen eltartható fehéren és csak részben áll gliceridekből. A 4. táblázat E. Staffel analíziseit közli a vadgesztenye és a diófa levelét illetően, míg az 5. táblázat a spárga szárának összetételét Zöller szerint. A spárga virágzó szárait 1861. 06. 20-án, az őszi termő szárait 10. 28-án vették ugyanarról a növényről, közvetlenül a föld felett levágva (Mintavétel: München, Botanikus kert.)

2. táblázat

A hamuelemzés %-os adatai

Vizsgált hamualkotó anyagok	Mintavétel 1861-ben			1860-ban	1862-ben
	I. 05.16.	II. 07.18.	III. 10.13	IV. 11. hó vége	V. 11.19.
Na-oxid	2.3	2.3	1.0	-	0.8*
K-oxid	30.0	10.7	4.8	1.0	4.3

Mg-oxid	3.1	3.5	2.8	7.1	2.1
Ca-oxid	9.8	26.5	34.0	34.1	35.4
Fe-oxid	0.6	0.9	0.9	1.1	1.0
P ₂ O ₅	24.2	5.2	3.5	2.0	2.9
SO ₄	-	-	-	5.0	5.4
Si-oxid	1.2	13.4	20.7	24.4	24.7
CO ₂ +egyéb	28.8	37.5	32.2	25.4	23.5
Összesen	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
- nem vizsgált;	* NaCl:				

4. táblázat A vadgesztenye és diófa levelének analízise E. Staffel szerint, %
(Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. LXXVI. 379. old.)

Víz (100 °C-on szárítva)	82.1	56.3	82.2	63.3
Hamu (friss anyagban)	1.4	3.3	1.1	2.6
Hamu (száraz anyagban)	7.7	7.5	7.7	7.0
Hamuban van, %				
K-oxid	46.4	14.2	42.0	25.5
Ca-oxid	13.2	40.5	26.9	53.6
Mg-oxid	5.2	7.8	4.6	9.8
Al-oxid	0.4	0.5	0.2	0.1
Fe-oxid	1.6	4.7	0.4	0.5
SO ₄	2.4	1.7	2.6	2.6
Si-oxid	1.8	13.9	1.2	2.0
P ₂ O ₅	24.4	8.2	21.2	4.0
K-klorid	4.6	8.6	1.0	1.7
Összesen	100.0	100.0	100.0	100.0

5. táblázat A spárga szárának analízise Zöller szerint, %

Vizsgált alkotók, elemek	Virágzó szár	Termő szár összfel
Víz (100 °C-on szárítva)	84.3	59.2
Hamu (friss anyagban)	0.9	4.1
Hamu (száraz anyagban)	6.0	10.1
Hamuban van, %:		
Na-oxid	5.1	5.2
K-oxid	34.4	11.8
Mg-oxid	4.7	3.6
Ca-oxid	9.1	24.0
Fe-oxid	0.5	0.9
P ₂ O ₅	12.5	7.3
Si-oxid	1.8	9.7
Maradék	31.8	37.4
Összesen	100.0	100.0

C. FÜGGELÉK

Vegetációs kísérletek burgonyával, 1863. Növényi betegségek, egyébek. (Nägeli és Zöller)

Az alkáliákkal szemben igényes burgonya fejlődését vizsgálták különböző tápanyagtartalmú talajféléseken a müncheni botanikus kertben, hasonló módon, mint a már említett babkísérletben. Három ládát durvára őrölt tőzeggel töltötték meg és szabadföldön beásták. A ládák 1.5 m hosszú, 1.2 m széles és 0.45 m mélyek voltak. A 720 liter tőzeg ládánként 238 kg-ot nyomott. Az I. láda trágyázatlan maradt; a II. láda 863 g NH_4 -foszfátot + 383 g NH_4 -szulfátot + 378 g NH_4 -karbonátot; a III. láda 600 g Na-foszfátot + 250 g K-foszfátot + 790 g K-karbonátot + 500 g gipszet kapott. A tápsókat alaposan összekeverték a tőzeggel és mennyiségüket úgy választották meg, hogy a tőzeg csak félig legyen telítve. Így a tápanyag az öntözésnél nem oldódik fel és nem mosódik ki olyan mélységbe, ahol a burgonya gyökerei már nem érhetik el.

Május 9-én ládánként 9 közel azonos súlyú gumót ültettek 8 col mélységre. Egy gumó átlagosan 36.8 g-ot nyomott, azaz a 9 gumó 331 g-ot tett ki. A tőzeg nem Schleissheimből származott mint a korábbi babkísérletben, hanem Haspel-moorból München közeléből. Ez a fellép tőzeg kiváló volt a korábban végzett árpakísérletekben, ahol minden szem árpa 3-4 termő hajtással olyan termést adott, mint egy jó árpatalaj. A tőzeg termékenységet összetétele is tükrözte: 17 % víz, 72 % éghető alkotórész, 11 % hamu, összesen tehát 100 %. A N 2.5 %-ot tett ki. A hamu összetétele az alábbi volt %-osan:

Na-oxid	0.2	Klór	0.4
K-oxid	1.0	P_2O_5	2.1
Mg-oxid	0.9	SO_4	1.1
Ca-oxid	10.4	Si-oxid	21.2
Fe+Al-oxid	21.2	Homok, agyag	41.4

A burgonya fejlődése kezelésenként eltért. A kontroll és a KP trágyázott III. ládában a csírák június 10-én jelentek meg a talaj felszínén, míg a NP kezelésben részesült II. ládában 5 nappal később. A KP kezelés növényei gyorsabban fejlődtek és július elején csaknem kétszeres magasságot értek el. A tenyészidő végére azonban a burgonya lombja már az NP kezelésben is éppen olyan dúsnak látszott.

Megemlítjük, hogy a növények színe az ammónia nélküli KP kezelésben világosabb, sárgászöld volt. A töltögetés júl. 3-án történt, aug. 9-én megjelentek a bimbók először a NP, majd 4 nappal később a PK kezelésben is. Szeptember végére elhervadt a szár és október 3-án kiszedték a töveket. A gumók és a zöld növényi részek termése az alábbi volt:

Mértékegység	Kontroll	NP	KP
Gumó			
kg	2.52	3.06	7.20
%-ban	100	121	285
t/ha-ra számítva	14.0	17.0	40.0
Betakarított/elvetett	7.6	9.7	21.7
Lomb			
kg	1.84	3.54	2.87
%-ban	100	192	156

A K-szegény tőzeg termékenysége tehát a KP kezelésben olyan kedvezővé vált, hogy a legjobb szántóföldét is meghaladta. A maximális termés ugyanis ritkán éri el a 22 t/ha mennyiséget az üzemekben. A termés összetevőit az alábbi táblázat foglalja össze. Az analízisek nagy részét E. Reichenbach végezte.

Vizsgált jellemzők	Gumótermés			Lombtermés			Összes hozam		
	Ø	NP	KP	Ø	NP	KP	Ø	NP	KP
t/ha									
Össztermés	14.0	17.0	40.0	10.2	19.6	15.9	24.2	36.7	56.0
Víz	11.9	13.1	32.1	7.6	15.6	12.2	19.5	28.7	44.3
Száranyag	2.1	3.9	7.9	2.6	4.0	3.7	4.7	7.9	11.7
Keményítő	1.7	2.9	6.0	-	-	-	1.7	2.9	6.0
kg/ha									
N	37	95	138	50	109	82	87	204	220
NO ₃	-	-	-	8	17	22	8	17	22
Fehérje	239	607	884	318	675	418	557	1282	1302
Hamu	83	143	480	215	405	558	298	548	1038
K-oxid	42	67	249	43	82	157	85	149	406
Mg-oxid	3	5	23	22	25	23	25	57	46
Ca-oxid	1	2	5	46	79	77	47	81	82
Fe-oxid	0.2	0.4	0.3	4	9	8	4	9	8
P ₂ O ₅	13	31	89	21	41	40	34	72	129
SO ₄	6	10	24	10	27	38	16	37	62
Si-oxid	-	-	1	4	12	9	4	12	10
Konyhasó	4	5	11	4	9	21	8	14	32
K-klorid	2	6	2	13	23	72	15	23	78

Ha a lomb és a gumó termését szárazanyagra számítjuk át, módosulnak az arányok.

Láda jelzése	Zöld részek		Gumó	
	Szárazanyag	Víz	Szárazanyag	Víz
g-ban				
Kontroll	462	1375	386	2133
NP	716	2819	696	2366
KP	673	2197	1427	5774
%-ban				
Kontroll	25	75	15	85
NP	21	79	23	77
KP	23	77	20	80

A levél és a gumó víz/szárazanyag tartalma fordított arányt mutat. Ahol a lomb gazdagabb szárazanyagban, ott a gumó szegényebb és fordítva. Ezt az egyszerű összefüggést részletes szárazanyag felhalmozási kísérletekkel lehetne megerősíteni. A tőzeg nemcsak az árpa, hanem a burgonya számára is termékenynek bizonyult, hiszen 1/3-át nyújtotta a jó talaj termőképességének. Tápanyagkészlete azonban nem felelt meg az optimális aránynak, ezért is hatott az NP és KP kiegészítés. Trágyázással pótoltuk a hiányzó vagy minimumban levő elemeket és helyreállítottuk az optimális arányt.

A tőzeg K-készlete ládánként 277 g-nak felelt meg, melynek 1/30 részét (9 g) használta el az árpa. Ez a mennyiség a burgonya termésének K-igényét 2/3 részben fedezheti. A P-készlet 2-szerese volt a K-énak, de a gyökereknek kevésbé hozzáférhető állapotban. Ebből adódóan a foszfátok növelésével a gumótermés 21, a lomb 92 %-kal emelkedett. A tőzeg Mg-tartalma közel állt a K-éhoz, a Ca mintegy 10-szeresen meghaladta azt. A lomb gazdag földfémekben és viszonylag szegény K-ban, míg a gumónál fordított a helyzet.

A gumó/lomb aránya a kontrollon 10:7, az NP kezelésben 10:11 volt. A trágyázotton 0.54 kg gumó és 1.70 kg lomb terméstöbbséget kaptunk. Arányuk 10:31. Az NP-trágyázás kétségkívül hatákonnyá tett bizonyos mennyiségű Ca-ot, Mg-ot és K-ot. A K hiánya azonban gátolta a gumók egyenletes fejlődését, a Ca és a Mg feleslege pedig kedvezett a lomb képződésének. Ezzel magyarázható a zöld részek erőteljes növekedése a gumók rovására. A KP kezelésben a tőzeg fele annyi P-t kapott mint az NP-ban. A hozzáadott K mindössze 0.3 %-át tette ki a talaj tömegének, mégis teljesen megváltoztatta a gumó/lomb arányát. A többlet-termés 1.0 kg lombot és 4.7 kg gumót jelentett, a gumó/lomb aránya tehát kerekén 10:2, míg a teljes termés aránya 10:4 volt.

Ezek a kísérletek bepillantást engednek a tápláltság és a növényi fejlődés összefüggéseibe, segítik a jelenségek megértését. A korábbi hasonló vizsgálatok gyakran eredménytelenek maradtak azért, hogy ismeretlen összetételű talajon lettek beállítva. Annak megítélése, hogy mi a talaj ellátottságának részesedése az eredményekben emiatt szinte lehetetlenné vált. Ismert összetételű talajokkal tenyészedényekben pontos ismeretek szerezhetők az egyes tápelemek hatásmechanizmusáról. Így a gazda jobban megítélheti a szem/szalma vagy gumó/lomb arányából talajának tulajdonságait és könnyebben választ megfelelő trágyát a termelési cél érdekében.

Az idézett vizsgálatok is bizonyítják, hogy az ammónia normális N-ellátottságú talajon elhagyható, ahol nem terméslimitáló tényező. K-ban gazdag talajon hasonlóképpen a foszfátok, K-ban szegényen pedig a fahamu adagolása szükséges a gumótermés növelésére. A kísérletek számszerűsítik, hogy valamely tápanyag hiánya vagy fölöslege milyen hatást gyakorol a vegetatív tevékenységre. Mindez a teória által nem látható előre. A burgonya termését pl. messze az eddig ismert fölé lehet növelni ammónia (az állati trágya fő alkotórésze) használata nélkül is.

Figyelemre méltó, hogy már hat héttel a betakarítás után a kontroll és az NP kezeléseknél nőtt gumók burgonyabetegségnek estek áldozatul. A KP kezeléseknél nyoma sem mutatkozott a tároláskori betegségnek, tehát fellépése tápláltsági okkal magyarázható. A kémiai analízis kimutatta az egészséges és beteg burgonyagumók különböző összetételét. Az egészséges gumók több K-ot és P-t tartalmaztak, a K túlsúlya 10:5-6, a P túlsúlya 10:4-8 volt a beteg gumókéhoz viszonyítva.

Gumók összetétele	Egészséges KP-kezelés	Beteg Kontroll	NP-kezelés
Friss anyag %-ában			
Víz	80	85	77
Szárazanyag	20	15	23
Keményítő	15	12	17
Friss anyag ‰-ében			
Hamu	12.0	6.0	8.4
K-oxid	6.4	3.0	3.9
P ₂ O ₅	2.2	0.9	1.8
Friss anyag ‰‰-ében			
Mg-oxid	5.6	2.3	3.1
Ca-oxid	1.4	1.1	1.3
Fe-oxid	0.7	0.2	0.3
SO ₄	6.1	4.1	6.0
Si-oxid	0.4	0.2	-

Konyhasó	3.0	3.3	3.0
K-klorid	1.4	1.8	-

A burgonya-kísérletet ugyanazon ládákban és tőzeggel 1864-ben megisméltük anélkül, hogy az előző terméssel kivont alkotórészeket pótoltuk volna. Kilenc közel azonos burgonyagumót (össz-súlyuk 74 % víztartalommal 524-540 g volt) ültettünk el 1864. 04. 25-én minden ládába. Május 20-án már a csírák megjelentek. A töltögetésre 06. 06-án került sor, 06. 17-én a növények magassága elérte a fél lábat. Különösen az NP és PK kezelések jeleztek buja növekedést. Az előző évi ammónium trágyázás sötétzöld, a K-trágyázás sárgászöld színben jeleltkezett.

Július végén a lombot mindhárom kezelésben megtámadta a burgonyavész, mely gyorsan terjedt. Augusztus 12-én a fertőzés teljessé vált és szeptember elején a lomb elhalt. A 09. 22-én történt betakarítás idejére a lomb elszáradt és nem volt mérhető. A betegség fellépésének kezdetétől a betakarításig gyakori, olykor több napig tartó esőzés volt. Meglepő módon a három kísérleti ládában egyetlen burgonyagumó sem betegedett meg. Sőt 1865 február végéig szobában őrizve a termést, tárolási veszteség sem jelentkezett. A betegség csak a gumótermés nagyságát befolyásolta. A gumók kicsik maradtak és a hozam még a PK kezelésben is csekély maradt. A kontroll 3.1, az NP 2.9, a PK kezelés 3.7 kg gumót termelt. Talán a gumók jó tárolhatósága és a gombabetegségekkel szembeni viselkedése is visszavezethető kémiai összetételükre. Sajnos az analízis elmaradt, így ez csupán feltételezés.

A különböző korú bükkfalevelek, a here és bab vizsgálatai, ill. a különböző fejlődési stádiumokban végzett hamuanalízisekből megállapítható, hogy a fiatalabb növények és növényi részek kitűnnek magasabb K és P tartalmukkal. Az idősebb növényi részekben a Ca, Si stb. relatíve nagyobb mennyiségben van jelen. Említettük, hogy az egészséges gumókban több volt a K és P. Feltehető, hogy a második kísérletben betakarított egészséges gumók (a zöld részek betegsége ellenére) a fejlődésnek egy korai stádiumában voltak. Erre utalt éretlen kinézetük és kis méretük. Minden bizonnyal nagy P és K tartalmukkal kitűntek volna, hasonlóan az első kísérlet egészségesen maradt gumóihoz. A növények összetétele és a betegségekkel, gombafertőzésekkel szembeni viselkedése összefügg. A tudományos kutatásnak arra kell törekednie, hogy ezt a kapcsolatot feltárja.

Nemrégiben T.E. Thorpe (Ann. Ch. Pharm. CIL, 163.) Bunsen laboratóriumában beteg narancsfa (*Citrus aurantium*) különböző részeit elemezte. A szerző az alábbiakat említi: "Spanyolország délkeleti partjainak narancsültetvényein nemrégiben súlyos járvány lépett fel. A járvány Valenciában jelentkezett először és 1867 nyarán a szigetekre is áttért. Nem kis félelmet okozott, mivel a narancs kivitele a gazdaság jelentős részét képezi. A fák levelei elsárgultak és rövidesen lehullottak, a gyökerek kellemetlen szagot bocsátottak ki és néhány nap múlva a fa elhalt. Ennek az új betegségnek a valódi természetét nem ismerjük, eredete

homályba burkolózik és minden gyógyítási kísérlet idáig kudarcba fulladt. A járvány hevessége szerencsére tekintélyesen csökkent 1868-ra és lassan eltűnni látszik, bár korábban azzal fenyegetett, hogy a szigetek összes ültevényét megsemmisíti.

Ezeket a részleteket Bunsen professzor úr szívésségének köszönhetem, aki 1867-ben nyári szabadságát a Baleárokön töltötte és összevetette a beteg és egészséges fák szervesetlen alkotórészeit. Az analízishez szükséges anyagot magával hozta. A gyökerek, törzs, ágak és a gyümölcsök hamuja a heidelbergi laboratóriumában lett megvizsgálva. A Thorpe, Gütschow és Knopf által végzett hamu-analízisek eredményei szénsav, homok és széntől mentes anyagra számítva a következők:

Elemek megnevezése	Gyökér (Thorpe)	Törzs (Gütschow)	Ágak (Knopf)	Gyümölcs (Thorpe)
K-oxid	6.74	10.79	3.49	51.64
Na-oxid	6.50	3.22	0.75	1.45
Ca-oxid	61.85	70.67	82.49	23.50
Mg-oxid	7.70	5.92	4.31	4.41
Fe-oxid	1.23	-	0.51	0.14
Klór	0.90	3.48	0.09	2.19
P ₂ O ₅	1.57	2.66	4.83	12.07
Ca-szulfát	0.14	-	-	0.73
Si-oxid	8.74	-	3.13	0.52
SO ₄	4.66	3.26	0.40	3.35
Összesen	100.00	100.00	100.00	100.00
Hamu %	1.37	3.27	-	-

Összehasonlításként olyan vizsgálatokat közlünk, melyeket Ronwey és How végeztek egészséges, St. Michaelben nőtt narancsfákon, valamint Richardson termésanalízisét. A következő eredmények szénsavtól, széntől és homoktól mentes hamura vonatkoznak.

Elemek	Gyökér	Törzs	Levél	Termés	Mag	Termés*
K-oxid	15.43	11.69	16.51	36.42	40.28	38.72
Na-oxid	4.52	3.07	1.68	11.42	0.92	7.64
Ca-oxid	49.89	55.13	56.38	24.52	18.97	22.99
Mg-oxid	6.91	6.34	5.72	8.06	8.74	6.55
Fe-oxid	1.02	0.57	0.52	0.46	0.80	1.74**
Na-klorid	1.18	0.25	6.66	3.87	0.82	nyom.
P ₂ O ₅	13.47	17.09	3.27	11.07	23.24	14.17
SO ₄	5.78	4.64	4.43	3.74	5.10	2.95
Si-oxid	1.75	1.22	4.83	0.44	1.13	5.24

Összesen	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Hamu %	4.84	2.74	13.73	3.94	3.30	-

* Richardson adatai ** Fe-foszfáttal

Aligha kell rámutatni a különbségekre. A nagy Ca és a kicsi P koncentráció a beteg fák kimerülését jelzi. Az idézett tanulmányban is hangsúlyozták, hogy a narancskultúrát sehol sem űzik a tökéletesség olyan fokán, mint éppen a Baleárokön. A fák túlzott kihasználása, ill. a termékek természetellenes fokozása valószínűleg egyik tényezője megbetegedésüknek.

A burgonya és a selyemhernyó megbetegedését okozhatja gomba, mely az egészséges egyedek beoltásakor előidézi a tüneteket. Azt azonban nem tudjuk megmagyarázni, hogy két egymás melletti táblán miért csak az egyik burgonyaföld betegszik meg? Miért betegszik meg esetenként a lomb, miközben a gumó ép marad? A Kínából, Japánból stb. frissen behozott petékből egészséges hernyók kelnek ki, míg utódaik a második vagy harmadik generációban megbetegednek. Itt sem lehet megmagyarázni a jelenséget.

Olyan kutatásokba fogtam, melyek a pusztító selyemhernyó betegség természetét új fényben világítják meg. A különböző országokból, beteg és nem beteg vidékekről származó selyemhernyó takarmányok vizsgálatát kezdeményeztem. Scheibler úr kiterjedt kapcsolataival eperfalevelet szereztem Kínából, Japánból, Lombardiából, Piemontból és Franciaországból. Az elemzéseket az ügyes és tudós vegyész Reichenbach doktor úr végezte el laboratóriumomban. (Ann. Ch. Pharm. CXLI. 183. - E. Reichenbach: Über Seidenraupenzucht und Cultur des Maulbeerbaums in China. München. 1867. bei Cotta)

Tapasztalatok szerint a hernyók az utolsó vedlés előtt vagy közvetlenül utána fertőződnek és a begubózás előtt elpusztulnak. Úgy látszik, hogy hiányzik táplálékukból a begubózáshoz szükséges valamilyen anyag, mely a selymet adja. A selyem gazdag N-ben, mely az eperfalevelek N-tartalmú alkotórészeiből képződik. A levelek N-készlete alapján becsülhető takarmányértékük. Az állat fejlődése és egészségi állapota a táplálkozástól függ. A táplálék csökkenésével fejlődése megáll és testtömege csökken. A külső károsodással szembeni ellenállás, melyet az "egészség" fogalma takar, ezáltal gyengül. Jobban táplálva jobban ellenállhat. Az elfogyasztható táplálék maximuma arányban áll emésztőrendszerének nagyságával.

Tápanyagdús táplálékból a szervezet kevesebbet igényel és fordítva. Így pl. amikor az ember kenyér mellé húst is fogyaszt, súly szerint kevesebbet kíván, mint egyedül a kenyérből. Kenyérből kevesebbet, mint burgonyából. A különböző országokból összegyűjtött eperfalevelek N tartalma eltérő. A Kínából és Japánból

származó egészséges lomb gazdagabb a hernyó fejlődéséhez és a selyem képzéséhez szükséges N-ben. Az ázsiai eperfalevelek 3 % feletti N-készletet mutattak a piemonti és alaisi lomb átlagosan 2.4 % N-tartalmával szemben. A bresciai levelek N %-a szintén 3 feletti volt. Amennyiben a N-t hús és selyem fehérje %-ában fejezzük ki, az alábbi értékeket kapjuk kerekítve: Japán 21, Kína 20, Piemont 15, Alais 15, Brescia 21.

Karmrodt (Rheinpreuss. landw. Zeitschr. 1868. 350. old.) a rajnai eperfalevelek N-tartalmát azonosnak találta a japán és kínai levelekével és az ilyen lombbal táplált selyemhernyók nem betegedtek meg. Piemont és Alais lombja viszont 1/3-ával kevesebbet tartalmaz. Ha ezek az adatok a további vizsgálatok során megerősítést nyernek, úgy ezzel magyarázható a jelenség. Alais és Piemont leveleiből 1.4 kg-ot kell a hernyóknak elfogyasztaniuk, hogy annyi vér- és selyemképző anyagot kapjanak, mint 1 kg kínai vagy japán lombbal. Erre azonban már genetikailag nem képesek, a hiányos táplálkozás miatt degradálódnak, utódaik megbetegszenek. Megfelelő táplálkozással a faj ismét megjavulhat, de hiányos takarmánnyal a harmadik generáció még inkább elfajul. Az első generáció (Japánból és Kínából importált peték) erőteljesen táplálkozik és eközben az ismert zajt csapja. Nagy készletet halmoz fel selyemképző anyagokból testében és ezután begubózik.

A hiányosan táplált II. és III. generációs szülők petéiből gyengébb nemzedék fejlődik, mely már kisebb eréllyel táplálkozik. A selyemtenyésztők szerint ez a betegség egyik korai tünete. A sok kisméretű hernyó elveszíti a vedlés képességét ill. csak laza, vékony selyemszövetet képez. Bábjaik tovább maradnak a gubóban, a kicsi és lusta lepkének gyakran nyomorék a szárnya. Ezek mind jelei az elégtelen táplálkozásnak és az elkorcsosult generációnak. Ugyanez az eset áll elő, mint amikor tenyészállatokat importálnak Angliából. Számos állattenyésztő szerint az ilyen behozatal nem előnyös, mert az importált állatok elfajulnak. Vagyis utódaik a szülők kiváló tulajdonságaiból veszítenek. Ha az állatokat olyan gazdagon és olyan jó takarmánnyal táplálnák mint Angliában, ilyen elfajzásról nem beszélhetnénk. Akkor viszont mi az előnye (ezt kérdezte egy állattenyésztő) az importnak, ha nem sikerül a fajt megtartani azzal a takarmánnyal, ami éppen rendelkezésre áll? A vásárlók nem érik el céljaikat, mert nem képesek biztosítani a feltételeket a nemesebb állatok tartásához.

Európában a selyemtenyésztő nem mezőgazda mint Japánban és Kínában, ahol a tenyésztő eperfáját maga ülteti és gondosan ápolja. Nálunk az eperfalevél akárhonnan származhat. Minden paraszt tudja, hogy szénái között különbség van. Az egyik széna többet ér, a tehene szívesebben eszi, jobb és több tejet ad tőle. A selyemtenyésztő erről nem vesz tudomást, esetleg úgy véli korábbi elavult nézetekre támaszkodva, hogy az állati szervezet mindent megteremt és selymet is előállít bármilyen takarmányból. Ezzel meghúzza lélegzáróját egy iparnak, melyen országok gazdagsága nyugszik.

Végül egy megjegyzést a Bresciában szedett eperfalevelekre, melyek olyan gazdagok N-ben mint a kínaiak és a japánok. A kínai és japán levelek teljesen kifejlettek, tenyérnyiek, vastagok és frissen lédúsak. A bresciai, lombardiai levelek ezzel szemben 1/3-dal kisebbek, vékonyak és valószínűleg fiatalabbak. A fiatal levelek mindig dúsabbak N-ben. A vizsgált kínai és japán levelek tehát még több N-t mutatnának hasonló fejlődési stádiumban.

Kínában és Japánban minden növényt trágyáznak. A selyem előállításáról szóló munkák az eperfa gondozásával kezdődnek. A kínai paraszt gondot fordít a selyemhernyó-takarmány előállítására, a növény ültetését vagy a mag vetését megelőzi a talaj trágyázása. A kínai munkákból (így pl. *The Chinese Miscellany. On the Silk-manufacture and Cultivation of the Mulberry* Nr. III. Printed at the Mission Press. Sanghai 1849) kitűnik, hogy számos vidéken az eperfát hasonlóan kezelik mint Európában a szőlőt. A metszésre pontos előírások vannak. Az idézett mű 84. oldalán erről az alábbiak szólnak: "Minden kapavágás 3 colnyi növekedést eredményezhet és a metszés kétszeres termést biztosít az eperfáról. Metszés nélkül ugyanis sok ág fejlődik vékony és ízetlen levelekkel, ezért elvégzése alapvető fontosságú a selyemhernyó-tenyésztés szempontjából."

A tenyésztőnek szem előtt kell tartania, hogy a selyem anyaga a fán termelődik. A fák gondozásával a levelek N tartalmát kell előnyösen befolyásolni. Mikroszkóppal a betegség csírája már a petékben észrevehető, ill. az erős szülők-től származó egészséges pete kiválasztható. Ily módon azonban csak a szimptó-mák ismerhetők fel, az okok nem. A tenyésztő hasonló helyzetben van, mint korábban a répacukor gyártóink voltak. A cukorrépa termesztését azóta a gyár-tók felügyelik, hogy biztosítsák maguknak a tartós cukorhozamot. Ha a cukor olyan termék volna, amelyet valamely állat közvetítésével nyernénk, úgy minden bizonnyal az állat betegsége jelezné a répa minőségének romlását, mely különben észrevétlen maradna.

Gerstäcker egy különös méhbetegségről tudósít Dél-Amerikában (*Achtzehn Monate in Südamerika* Bd II. 263. old.) a következő módon: "Tíz éve egy bevándorló méheket hozott be St. Leopoldba, melyek a szomszédos településeken is elszaporodtak és gazdag méztermést adtak. A mézgyűjtés váratlanul megszűnt. A méhek elfogyasztották amit korábban hordtak és kaptáraikban elpusztultak. A jelenség valódi oka ismeretlen." Tegyük fel minden parasztudvarban van mintegy 20 méhkasból álló állomány. A méhek szaporodásával nem nő arányosan a táplálékuk. E logikával azonnal megértjük a kasok pusztulását, a méhbetegséget St. Leopoldban.

Ha az európai selyemtenyésztő megtanulja mesterének, az egyszerű kínai parasztnak előírásait pontosan követni, úgy legyőzheti az egzisztenciáját fenyegető bajt. A természet mindent megad az embernek, de tartósan nem ingyen. Megjutalmaz a gondoskodásért és megbünteti a kizsákmányolásért. Ez a törvény. 1871-ben eperfaleveleket kaptam (von Karell titkos tanácsos úr közbenjárásával) Szentpétervárról. Az anyagot a híres asztronómus fia von Struve küldte, akivel

1868 nyarán találkoztam Kissingenben. A Turkesztánban aratott orosz győzelem hírért vitte a magas császári párnak. Egy beszélgetés alkalmával v. Struve megemlítette a selyemtenyésztést, mely Turkesztánban dívik és kérésemre szerzett néhány fajta eperfalevelet analízis céljaira.

A vizsgálatokat dr. E. Reichenbach végezte. Az eperfák fajtái között volt a Kassak vagy vad eperfa, melynek főképpen hímcsemetéi szolgálnak takarmánynul és a finom levelű Marvaritak kis fehér élvezhető gyümölcscsel, mely kiváló selyemhernyó eledelt ad és a Kassak nemesítésére szolgál oltóág gyanánt. Hasonló az Olaszországban elterjedt eperfához. A Khoras vagy Khorasmine szintén kiváló takarmány és keresett cikk. A Balkhi vastag húsos ízletes gyümölcsű kissé bőrszerű levelekkel. Hatalmas méretű, kiválóan nő a hegyekben, ahol levelei miatt ültetik. A Schah-toute Perzsiából származik. Kúpalakúan ágazik el vastag levelekkel. Gyümölcse vastag, vörös. Megegyezik az európai *Morus nigra*, var. *constantinapolitana* változattal. Az 5 említett eperfa faj levelében az átlagos N-tartalom 3.73 % volt, tehát meghaladta még a korábban vizsgált japán és kínai levelekét is. Ha kiszámítjuk mennyi N-t vagy fehérjét kapnak a hernyók 1000 font száraz levélben, akkor a következő számokat kapjuk: 34-40 font N, illetve 211-250 font fehérje.

A mintaanyag nem volt elég arra, hogy a hamuelemezést is elvégezzük, csak a N-t határoztuk meg. Amennyiben a levelek N-jét fehérjében fejezzük ki (ami bizonyosan nem helyes de összehasonlításhoz megengedhető), a fehérje a levél száraz súlyának negyedrészt teszi ki. Nézeteimet a selyemhernyó-takarmány N-tartalmának jelentőségéről és az állatok egészségére gyakorolt hatásáról félreértették. Úgy értelmezték, hogy a selyemhernyók betegségének okát az eperfa betegségében keresem. De az egyáltalában nem jutott eszembe, hogy az eperfákat betegnek tekintsem azokon a vidékeken, ahol a betegség uralkodik. Míképpen kevésbé tartok betegnek egy almát sovány talajon, mert nem terem. Véleményem szerint az eperfát is úgy kell kezelni, mint a gazdagon termő almát. Akkor a selyemhernyó olyan táplálékot kaphat, mely képessé teszi a megfelelő selyemtermelésre.

Az erdei alomgyűjtés, vagyis az ősszel lehullott levelek rendszeres elvitele képezi az egyik okát a fásnövények csökkent fejlődésének. Az erdészek ezt az összefüggést régen felismerték. Ha az eperfáról évente elviszik leveleinek egy részét, a talaj lassan elveszti termőképességét. Amíg a fa gyorsan nő, a veszteség nem tükröződik, ill. nem szembetűnő a levelek minőségén. A gyökerek egyre újabb talajrétegekkel kerülnek érintkezésbe, amelyek a táplálkozásához szükséges tápelemeket biztosítják. A talaj térfogata azonban korlátozott. A kertészek szerint a fa rendszeres metszésével a gyökérhajtás erősödik és a felvett tápanyagok a megmaradt ágakba jutnak. A talaj tápanyaghiánya így sokáig rejtett marad. A hiányzó tápanyagra a selyemhernyónak szüksége van, az eperfa azonban olyan leveleket nevel (anélkül, hogy tulajdonképpen beteg lenne), melyek már nem teljes értékűek. Mindez befolyásolja az állatok és utódaik egészségét.

Az évszakok változó időjárása, a meleg és a nedvesség módosítja a levelek összetételét. Ha a nyár és az ős kedvezőtlen, kevesebb tartaléktápanyag halmozódik fel a fában a következő tavaszi periódusra. Megfelelő évben viszont elégséges takarmány képződik. Utóbbi felkelti a reményt, hogy a baj múló és nem tesznek semmit a káros hatások megakadályozására. A selyemhernyó-betegség egyik okának a rossz minőségű N-szegény takarmányt tartom. Kínában, Japánban, Turkesztánban hasonló betegség ismeretlen, pedig a selyemtenyésztés né-hány évszázaddal idősebb mint Európában.

Amint említettem a hernyót tápláló fa ugyanolyan kezelésben részesül, mint az európai borvidékeken a szőlőtöke. Metszik, talaját gondosan megmunkálják és trágyázzák. Észak-Olaszországban és Franciaországban viszont éppúgy nem gondozzák, mint az erdei fát. A minőségi takarmány termelését kell főfeladatnak tekinteni. Öreg fák trágyázásával már alig lehet valamit elérni, fiatal növényekkel kell kezdeni. Európában sajnos az eperfa és a selyemhernyó nevelés nem egy kézben van, mint Kínában és Japánban. A hernyótenyésztő nemigen törődik a levelek minőségével, igyekszik a takarmányt minél olcsóbban beszerezni. A fák tulajdonosa pedig nem érdekelt a trágyázásban, mely jelentős kiadással járna anélkül, hogy hasznot remélhetne. A tenyésztő idővel rákényszerül arra, amit a cukorgyáros tesz. A gyárak korábban a répát a paraszttól vásárolták, most maguk termelik, hogy a stabil cukorhozamot biztosítsák. A tenyésztő kezébe veszi majd a takarmánytermelést.

Újabban az eperfa is kóros tüneteket mutat, mely némely helyen a selyemtenyésztést pusztulással fenyegeti. Erről a betegségről először Cresseri báró úrtól értesültem (Castel Pietro del Trient), aki a következőket írta: "Néhány éve nálunk terjed az eperfák járványos megbetegedése. A beteg fa nemcsak elhal, hanem megfertőzi a szomszédos állományt is. A baj először a gyökereket támadja meg, amelyeken mikroszkóppal finom gombát lehet észlelni. A kór az ország déli részén kezdődött és észak felé terjed. A fák fertőződése látszólag nem függ a termőhely nedvességétől." Ha az eperfalevelek minősége, a hernyó betegsége és az eperfa betegsége között valóban összefüggés áll fenn, úgy az természeti törvényen alapulhat. Először elhal a levélevő hernyó, azután a leveleket szolgáltató fa.

D. FÜGGELÉK

A pálmatorzsekben lévő keményítőről

A keményítő mennyisége a törzs korától és a virágzás vagy terméshezam idejétől függően változó. Tavasszal a *Sabal mexicana* gyökértörzsének nemcsak a belső sejteiben, hanem azokon kívül is fehér liszt formájában jelenik meg. Feltűnőbb ez a jelenség a kelet-indiai szágópálmáknál (*Metroxylon*). A keményítő

képződése itt periódikusan megy végbe és szervesen összefügg a virágok ill. a termés fejlődésével. A malájok szerint a fák időnként "teherbe esnek", amikor is a fa belsejében nagy tömegű keményítő képződik, amelyből később csepp-folyósodás után új farészek, virágok és termések keletkeznek.

Különösen érvényes mindez a *Metroxylon Rumphii* Mart.-ra (*Sagus genuina* Rumph.). Ez a fa a keményítő előállításának valódi kémiai laboratóriuma. Csak egyszer virágzik és terem, utána elhal. Magassága elérheti a 25-30 lábat, törzse cilindres és több mint egy láb vastag. A külső kéreg másfél col fehér és nem túl kemény farészből áll. Belül szivacsos, rostos szövetű, melynek sejtjei keményítőszemcsékkel vannak töltve. Fiatal korában csak kevés keményítőt tartalmaz. A törzsön képződött levélhüvelyek hosszú tüskéket növesztenek. Éréskor a tüskéket ledobja és a levelek fehér színt kapnak, mintha mézszporral lennének behintve. A keményítő energikusan halmozódik fel.

A malájok ezt a periódust Maaputihnak nevezik, vagyis a fa kifehéredésének. Ekkor indul fejlődésnek a törzs csúcsa, mely kb. egy láb hosszú hatalmas agancs és a virágok ezrével, végül golyóalakú páncélos héjba öltözött terméssel borítja a fát. Ezt a stádiumot a maláj Saga bonting-nak nevezi jelezve, hogy a fa terhes. A képződött keményítő egy része átalakul, hogy a tökekocsányok farost anyagának képzésére szolgáljon. Végül bekövetkezik az az állapot, melyet a maláj Majang bara-nak nevez, vagyis a fiatal hajtás előbújuk. A tökekocsány ekkor a törzs csúcsán eléri a 4 lábat.

A fa ezen a három szakaszon túljuthat anélkül, hogy tekintélyes veszteséget szenvedne keményítőben. Amikor azonban az utolsó periódus a Batsja Bang bekövetkezik, vagyis a hajtás elágazik, a szár 6-10 láb magas és 10 láb a kerülete. Ekkor a keményítő nagy tömege már vastag farosttá alakult át és még inkább így lesz ez a virágzás (Siriboa) két utolsó periódusában, ill. a termés (Bahoa) idején. Az egészséges fa 400-800 font keményítőt állít elő. A belőle készült szágó nem kerül európai kereskedelembe, helyben használják fel. Az Európában ismert szágót főképpen a *Metroxylon laeve* Mart. adja Malakkából. A pálmafa vad törzse csaknem kétszerannyi szágót termel, mint a kertekben művelt (L. Martius, *Historia naturalis palmarum*. T. I. 91. o.).

E. FÜGGELÉK

(Vegetable Statics, London 1727)

Hales kísérletei és módszertana minden időkre példaképpül szolgálhat. A módszerek Newton korából származnak és megérdemlik, hogy minden növényfiziológia könyv ismertesse azokat. Hales a párolgással és a nedvmozgással összefüggésben végzett vizsgálatokat ép és vágott növényeken, lombos ágakon. Bemű-

tatta a vízoszlop mechanikus nyomásának hatását a párolgásra. Egy almafa leveles ágára 7 láb hosszú csövet erősített légmentesen. Az ágot nagy edénybe zárta és a rendszert vízzel feltöltötte. A víz a vízoszlop nyomásának hatására az ágba jutott és a csőben két nap alatt 14 collal csökkent. A harmadik napon kivette az ágot a vízből és a növény szabadon párologtatott. A víz a csőben most 12 óra alatt 27 collal csökkent.

Arra következtetett, hogy a folyadék mozgása a párologtató felülethez kapcsolódik (törzs, ágak, levelek, virágok és termések). A párolgás hatása összefügg a hőmérséklettel és a levegő víztartalmával. Mikor a levegő nedves, csak kevés víz szívódik fel, sőt esős napokon a vízfogyás alig kimutatható. Könnyen második fejezetét a következő bevezetéssel nyitja meg: "Az első fejezetben láttuk milyen nagy mennyiségű vizet párologtatnak el a növények; most azt az erőt szándékozom megmutatni, amellyel mindez végbemegy. A növényekből hiányzik az a mechanizmus, amely az állatokban a vért az artériákba és a vénákba pumpálja. A természet ezért a növényeket más hatékony eszközzel látta el, hogy a létfontosságú folyadékot képesek legyenek magukhoz vonzani, felemelni és mozgásban tartani."

Hales a XXI. kísérletben kiásta az élő körtefa főgyökereinek egyikét 2.5 láb mélységben, majd levágta a gyökér csúcsát és összekötötte egy vízzel telt csővel, amelyet higannyal lezárt. Ez az üvegcső képviselte a meghosszabbított gyökeret. A fa felületének párolgása következtében a gyökér a csőben lévő vizet olyan erővel szívta fel, hogy 6 perc alatt a higany 8 colnyira emelkedett, ez 9 láb magas vízoszlopnak felel meg. Ez az erő közel azonos azzal, amellyel a vér a ló lábszárának nagy verőerében mozog. "Meghatároztam különböző állatok vérnyomását úgy, hogy azokat élve hátukkal egy asztalhoz rögzítettem és a nagylábszár verőerét (ahol az a combba behatol) két kis rézcső segítségével 10 láb hosszú és 1/8 col belső átmérőjű csővel kötöttem össze. Egy ló vére ebben a csőben 8 láb 3 colra, egy másiké 8 láb 9 colra, egy kutyaé 6.5 lábra stb. emelkedett."

Hales speciális kísérletekkel igazolta, hogy a gyökerekben mért szívóerő a növény minden föld feletti részében kimutatható, tehát a törzs, ágak, levelek és a termés egyaránt jelzi azt. A folyadék mozgása a gyökértől az ágak és levelek felé irányul még akkor is, ha a törzs a kéregtől és a hancstól valamely részén teljesen meg van fosztva. Kísérleteiből világosan kiderül, hogy a növények felszívó képessége a párolgás következtében áll ugyan elő, de a mért erő nem más, mint az atmoszféra nyomása. A víz a növények felszíni párolgása következtében eltávozik és belsejükben üres térség keletkezik. A víz és a vízben oldódó gázok így könnyen behatolnak és felemelkednek. Ez a külső nyomás, a kapillaritás mellett, a fő oka a folyadékok elterjedésének és mozgásának.

Ha a gyökér, a törzs vagy egy ág valamely helyen megsérült (rügyek, gyökérszörök vagy kis ágak levágásakor), úgy a többi rész szívóképessége szembetűnő módon csökkent. Ezekben a helyeken ugyanis a levegő behatolásával a nyomáskülönbség könnyebben kiegyenlítődik. A felszívó képesség az egészen friss vágás-

felületeknél volt a legnagyobb és fokozatosan csökkent, néhány nap után elérte a sérületlen növényfelületeket. Hales következtetései szerint a párolgás biztosítja a táplálék szállítását a növény számára környezetéből. A növény megbetegszik és elpusztul, ha a párolgás és a tápanyagfelvétel valamilyen módon megszakad. Ha a meleg nyarakon a talaj nem képes pótolni azt a nedvességet, amely a nap folyamán a fa felületén elpárolog, a fa vagy egy ága kiszárad. A nedvmozgás ezeken a helyeken megszűnik, a kapillaritás által az eredeti működése nem hozható helyre.

A párolgás a növény életének feltétele, ezáltal jön létre a folyamatos mozgás: "Ha összehasonlítjuk a gyökerek felületét a növény föld feletti felületével belátható, hogy miért kell az átültetésnél a fa ágainak számát csökkenteni. Amennyiben az átültetésnél a gyökerek felét le kell vágnunk, a növény csak fele annyi táplálékot tud felszíni, a külső párologtató felületet a felszívó felülettel arányba kell hozni. Egy hold komlóföld 9 ezer növénye pl. júliusban napi 12 óra alatt 36 ezer uncia vizet igényel. Kedvező időjárásban az elpárologtatott víz mennyisége nem csökken. Tartósan nedves, esős időben a szükséges párolgás visszaszorul, a pangó nedv megreked és megpenészedik.

"Ez az eset fordult elő 1723 júliusában, amikor 10-12 napon át állandóan esett az eső négyhónapos aszályt követően. A legszebb és legerősebb komló levele és termése megpenészedett. Kevésbé károsodtak a kis növények. Az eső a hosszú szárazság után felhevült állapotban érte a talajt és a zöld növények olyan gyorsan nőttek, mint a melegágyban. A hirtelen nőtt alma húsa pl. rendkívül puha maradt és nagyobb mennyiségben rohadt meg, mint emberemlékezet óta bármikor. A komló termesztői tudják, hogy ha a penész valahol megjelenik, akkor gyorsan terjed mindenfelé. A komló alatti gyom is elfertőződik, valószínűleg mert a penész spórái a levegőben szétszóródnak és így több éven keresztül betegséget okozhatnak."

"Júliusban megfigyeltem, hogy egy heves záport követően az indák a komlóföld közepén az égető napsugártól leperzselődtek. Ilyenkor szabad szemmel (és még jobban reflexiós teleszkóppal) is látjuk a párákat olyan tömegben felemelkedni, hogy a tárgyak sötétnek látszanak és rezegnek. A növények károsodását a forró gőzök képződése okozta, mely a tábla közepén nagyobb mérvű volt, mint oldalt. Londonban a kertészek gyakran tesznek szert hasonló tapasztalatokra, ha hideg éjszakák után az üvegharangokat (amelyekkel a karfiolt befedik) nappal nem szellőztetik és nem hagyják a nedvességet elpárologni. Amikor ez a nedvesség a nap melegétől felemelkedne de a harang visszatartja, úgy sűrű átlátszó gőzt alkot, mely a növényt leforrázza és megöli."

Hales felismerte tehát a párolgás befolyását a növények életére. Szerinte a növények fejlődése a tápanyagok és nedvesség felvételétől függ, melyet a légkör hőmérséklete és szárazsága határoz meg. A felszívott táplálék mennyisége arányban áll az elpárologtatott vízzel. Ha az alacsony hőmérséklet vagy a tartósan nedves idő a párologtatást visszaszorítja, megszűnik a táplálkozás. A nedvek megrekednek és megváltoznak, alkotórészeik mikroszkópos lények számára

termékeny talajjá válnak. Amikor forró napok után eső és tartós párás hőség következik, párolgás hiányában a növények hűtése nem működik és a tűző napon túlhevülnek. (Lásd Liebig: Vizsgálatok a nedvmozgások okaira vonatkozóan az állati szervezetben. Braunschweig. Friedrich Vieweg und Sohn. 1848. 73. o.)

F. FÜGGELÉK

Drén-, liziméter-, folyó- és lápvizek vizsgálata

1. Drénvizek

Thomas Way hét különböző termőföld drénvizében a következő alkotórészeket találta (Journ. of the royal agric. Soc. Vol. XVII. 133.):

Vizsgált összetevők	Szemer/1 gallon*						
	1	2	3	4	5	6	7
K-oxid	nyom.	nyom.	0.02	0.05	nyom.	0.22	nyom.
Na-oxid	1.00	2.17	2.26	0.87	1.42	1.40	3.20
Ca-oxid	4.85	7.19	6.05	2.26	2.52	5.82	13.00
Mg-oxid	0.68	2.32	2.48	0.41	0.21	0.93	2.50
Fe-Al-oxid	0.40	0.05	0.10	-	1.30	0.35	0.50
Si-oxid	0.95	0.45	0.55	1.20	1.80	0.65	0.85
Klór	0.70	1.10	1.27	0.81	1.26	1.21	2.62
Kénsav	1.65	5.15	4.40	1.71	1.29	3.12	9.51
Foszforsav	nyom.	0.12	nyom.	nyom.	0.08	0.06	0.12
Ammónia	0.018	0.018	0.018	0.012	0.018	0.018	0.006

* (1 gallon = 70000 szemer)

Hasonló eredményeket kapott dr. Krocke, Proskau-i drénvíz analízisei során (Lásd: Liebig und Kopp's Jahresber. 1855. 742.)

Vizsgált összetevők	10000 rész drénvízben					
	a	b	c	d	e	f
Szervesanyag	0.25	0.24	0.16	0.06	0.63	0.56
Ca-karbonát	0.84	0.81	1.27	0.79	0.71	0.84
Ca-szulfát	2.08	2.10	1.14	0.17	0.77	0.72
Ca-nitrát	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
Mg-karbonát	0.70	0.69	0.47	0.27	0.27	0.16
Fe-oxid	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02	0.01
K-oxid	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.06
Na-oxid	0.11	0.15	0.13	0.10	0.05	0.04

NaCl	0.08	0.08	0.07	0.03	0.01	0.01
Si-oxid	0.07	0.07	0.06	0.05	0.06	0.05
Szilárd rész	4.21	4.25	3.37	1.53	2.58	2.47

- Az altalaj drénvize 1853. április 1-jén gyűjtve;
- Ugyanaz 1853. május 1-jén gyűjtve 218 col³/láb² eső után;
- Drénvíz keverve humuszos meszes agyagtalaj drénvizével 1853 októberében;
- Drénvíz 1853 októberében gyűjtve nehéz agyagtalaj vízbarázdáján;
- Június elején gyűjtött drénvíz;
- Augusztus közepén erős zápor után gyűjtött drénvíz.

2. Liziméterekből származó vizek (Zöller analízise)

I. kísérletsorozat, 1957.

Az analizált vizek öt talajból származnak. Az átszivárgó csapadék IV. 7. és IX. 7. között 1 négyzetláb földön 6 col mélységbe jutott. A kezelések a következők voltak:

- Trágyázott meszes talaj növényzettel;
- Nyers agyagtalaj növényzettel;
- Nyers agyagtalaj növény nélkül;
- Trágyázott agyagtalaj növény nélkül;
- Trágyázott agyagtalaj növényvel.

A trágyázás I., IV. és V. esetén 2 font marhatrágya volt szalma nélkül.

	Talajon átfolyó víz l-ben	Víz szilárd maradéka 100 °C-on, g	A szilárd maradék hamuja, g
I.	9.84	4.65	3.13
II.	18.68	4.73	3.28
III.	18.15	5.29	3.54
IV.	19.79	6.04	4.24
V.	12.30	3.68	2.61

A hamuanalízis eredményei, mg:

Összetevők megnevezése	I.	II.	Kezelések III.	IV.	V.
K-oxid	64	44	37	108	47
Na-oxid	70	104	135	470	74
Ca-oxid	1436	1070	1285	1354	1136
Mg-oxid	203	165	24	58	63
Fe-oxid	13	119	150	114	53
Klór	566	177	379	781	434
P ₂ O ₅	22	ny.	ny.	ny.	ny.
SO ₃	172	504	515	580	412
Si-oxid	103	210	317	188	115
Agyag+homok	89	74	112	45	47
Összesen	2738	2467	2954	3698	2381
Minusz a klór ekvivalens O ₂	127	40	85	176	95
Összeg	2611	2427	2869	3522	2286
Izzítási veszt. és szénsav	2040	2303	2422	2518	1400
Összesen *	4651	4730	5291	6040	3686

* Összesen a talajon átszivárgott vizek szilárd maradéka 1000 °C-on;
ny. - nyomokban

Az 1 millió liter víz 6 col mélységű, említett tulajdonságú talajon átszűrődve a következőket tartalmazta (g):

Vizsgált összetevők	I.	II.	III.	IV.	V.
Szilárd maradék					
100 °C-on szárítva	472	255	293	305	292
Ebből hamu	318	177	195	214	212

K-oxid	6.50	2.37	2.03	5.46	3.82
Na-oxid	7.11	5.60	7.43	23.74	6.02
Ca-oxid	145.86	57.60	70.80	68.41	92.34
Mg-oxid	20.52	8.88	1.32	2.93	5.12
Fe-oxid	1.32	6.35	8.26	5.76	4.30
Klór	57.49	9.52	20.87	39.46	35.27
P ₂ O ₅	2.23	-	-	-	-
SO ₃	17.47	27.13	27.82	29.30	33.49
Oldható Si-oxid	10.46	11.35	17.46	9.50	9.34

II. kísérletsorozat, 1858.

Az analizált víz hat talajféleségből származik. Az átszivárgó csapadék 1858. V.10 - XI.1. között 1 négyzetláb talajon haladt át 12 col mélységbe. A talaj az Isar völgye szokásos trágyázatlan alluviális mésztalaja. Termesztett növény: bur-gonya.

- I. Trágyázatlan ugar;
- II. Trágyázatlan kontroll;
- III. Trágyázott (10 g konyhasó);
- IV. Trágyázott (10 g csilei salétrom);
- V. Trágyázott (10 g guanó);
- VI. Trágyázott (20 g sósavval feltárt foszforit).

Vizsgált összetevők	I.	II.	Kezelések			
			III.	IV.	V.	VI.
Átszivárgó víz, l.	29.2	25.0	28.1	17.5	16.5	30.8
Szilárd maradéka 100 °C-on szárítva, g	8.98	8.21	14.20	7.68	4.86	8.00
Szilárd rész hamuja, g	6.59	6.09	12.29	5.53	3.70	6.19

A táblázat folytatása

Vizsgált összetevők	I.	II.	Kezelések			
			III.	IV.	V.	VI.
			Hamuban, mg:			
Na-oxid	250	245	3290	1255	301	233
K-oxid	75	66	34	35	32	29

Mg-oxid	432	443	454	264	382	374
Ca-oxid	2416	2467	2356	1792	1378	2645
Fe-oxid	115	83	104	83	96	117
Klór	227	237	3925	177	317	238
P ₂ O ₅	-	-	9	-	7	15
NO ₃	-	-	-	3267	-	-
SO ₃	132	147	118	182	197	666
Si-oxid	266	301	384	303	226	224
Homok	155	237	155	105	62	83
Összeg, g	4.07	4.23	10.83	7.46	3.00	4.64
Levonva a klórral ekviv. oxigén, mg	51	53	884	39	71	53
Összeg, g	4.02	4.16	9.94	7.42	2.93	4.59
Izzítási vesz. g	4.97	4.05	4.25	0.26	1.94	3.41
Összesen, g	8.98	8.21	14.20	7.67	4.86	8.00

Az 1 millió liter víz 12 col mélységben és a már leírt talajrétegen áthaladva a következőket tartalmazza g-okban:

Vizsgált összetevők	I.	II.	Kezelések			
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Szilárd maradéka 100 °C-on szárítva	308	328	505	440	294	259
			Hamuban van:			
Na-oxid	8.56	9.79	116.92	71.85	18.22	7.55
K-oxid	2.56	2.63	1.20	2.00	1.93	0.94
Mg-oxid	14.80	17.71	16.13	15.11	23.18	12.12
Ca-oxid	82.78	98.65	83.73	102.59	83.41	85.73

A táblázat folytatása

Vizsgált összetevők	I.	II.	Kezelések			
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.

Fe-oxid	3.94	3.31	3.69	4.75	5.81	3.79
Klór	7.77	9.47	139.49	10.13	19.18	7.71
P ₂ O ₅	-	-	0.31	-	0.42	0.48
Nitrát	-	-	-	187.04	-	-
Szulfát	4.52	5.87	4.19	10.42	11.09	21.59
Si-oxid	9.11	12.03	13.64	17.34	13.68	7.26

III. kísérletsorozat, 1859.

Az analizált víz hat talajból származik. A csapadékvíz 1859. 03. 20-tól 11. 16-ig egyenként 1 négyzetláb talajon szivárgott át 12 col mélységbe. A talaj a szokásos Isar-völgyi trágyázatlan alluviális kerti föld volt, mely fűvel volt bevetve. Kezelések:

- I. Trágyázatlan kontroll
- II. Trágyázás 17.8 g K-nitráttal
- III. Trágyázás 15.4 g K-szulfáttal
- IV. Trágyázás 17.8 g K-nitrát + 3.66 g foszforittal (utóbbi 2 g kénsavval feltárva)
- V. Trágyázás 15.4 g K-szulfáttal és 3.66 g előbbi módon feltárt foszforittal
- VI. Trágyázás 12.3 g K-karbonáttal

Vizsgált összetevők	I.	II.	Kezelések			
			III.	IV.	V.	VI.
Átszivárgott víz, dm ³	20.2	14.5	20.3	17.5	23.2	22.5
Szilárd maradéka, g	4.6	11.4	15.2	13.7	20.8	5.6
Hamuja, g	3.2	8.9	13.6	10.7	17.7	4.6
			Hamuban, mg			
Na-oxid	44	69	83	30	85	38
K-oxid	24	166	205	231	244	112
Mg-oxid	253	302	296	285	320	117
Ca-oxid	1530	3483	5360	4838	7112	1963
Fe-oxid	72	57	72	84	88	53
Klór	35	80	202	132	283	127
P ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-
SO ₃	289	205	6527	2104	9124	1524
Nitrát	1125	5913	1301	5248	1401	1390
Si-oxid	178	271	208	230	280	269

A táblázat folytatása

Vizsgált	Kezelések					
----------	-----------	--	--	--	--	--

összetevők	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Homok, mg	44	21	36	25	56	97
Összeg, g	3.6	10.6	14.2	13.2	18.9	4.7
Izzítási veszt.	0.98	0.88	0.95	0.50	1.85	0.93
Összes, g	4.6	11.4	15.2	13.7	20.8	5.6

Az 1 millió liter víz az említett természetű talaj 1 láb mélységéig leszivárogyva a következőket tartalmazza: (g)

Vizsgált összetevők	I.	II.	Kezelések		V.	VI.
			III.	IV.		
Szilárd rész	225	789	747	782	896	248
Ebből hamu	158	612	671	611	761	205
Na-oxid	2.17	4.76	4.07	1.71	3.66	1.68
K-oxid	1.18	11.45	10.07	13.20	10.51	4.98
Mg-oxid	12.52	20.84	14.54	16.29	13.79	5.20
Ca-oxid	75.73	240.42	263.41	276.59	306.48	87.29
Fe-oxid	3.56	3.93	3.53	4.80	3.79	2.35
Klór	1.73	5.52	9.92	7.54	12.19	5.64
SO ₃	14.30	14.15	320.76	120.29	393.19	23.30
Nitrát	55.69	408.15	63.93	300.04	60.37	61.76
Si-oxid	8.81	18.70	10.32	13.14	12.06	11.96

IV. Kísérletsorozat, 1859/1860.

Ez a kísérletsorozat közvetlen folytatása a harmadiknak, az analizálandó vizek ugyanazokon a talajokon szivárogtak át. A IV. kísérletsorozat 1859. 11. 16-tól 1860. 04. 12-ig tartott.

Vizsgált összetevők	I.	II.	Kezelések		V.	VI.
			III.	IV.		
Átszivárgott víz, liter	13.5	12.3	13.8	13.2	15.2	14.8
Szilárd mara- déka, g	2.42	2.20	2.86	2.64	3.17	2.69
Hamuja, g	2.07	1.68	2.40	2.09	2.60	2.22

A táblázat folytatása

Vizsgált összetevők	I.	II.	Kezelések			
			III.	IV.	V.	VI.
Szilárd maradékban, mg						
Na-oxid	21	24	28	22	28	19
K-oxid	ny.	8	12	9	15	15
Mg-oxid	65	58	69	74	70	63
Ca-oxid	770	859	1016	938	952	1057
Fe-oxid	61	66	97	75	135	49
Klór	140	42	93	68	91	84
P ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-
SO ₃	119	99	487	474	527	185
Si-oxid	170	144	118	153	123	136
Összeg, g	1.37	1.40	1.96	1.89	1.97	1.65
Izzítási veszteség	1.08	0.81	0.92	0.77	1.22	0.96
Összesen, g	2.42	2.21	2.86	2.64	3.17	2.69

Az 1 millió liter víz az ismertett talajból 10 col mélységbe szivárogva a következőket tartalmazza (g):

Vizsgált összetevők	I.	II.	Kezelések			
			III.	IV.	V.	VI.
Szilárd maradék						
100 °C-on szárítva	180	179	208	201	208	181
Annak hamuja	153	136	174	159	171	149
Hamuban van						
Na-oxid	1.56	1.94	2.04	1.73	1.83	1.27
K-oxid	-	0.64	0.92	0.69	0.98	1.01
Mg-oxid	4.86	4.70	5.02	5.56	4.59	4.24
Ca-oxid	57.4	69.49	73.87	71.39	62.50	71.17
Fe-oxid	4.52	5.35	7.06	5.73	8.86	3.29
Klór	10.43	3.40	6.76	5.21	5.97	5.65
Nitrát	1.91	8.19	3.17	5.91	1.90	3.09
Szulfát	8.86	8.02	35.45	36.08	34.59	12.45
Si-oxid	12.60	11.67	8.60	11.65	8.01	9.15

V.ö.: Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 107. 27. old. Ergebnisse landwirtsch. etc.
Versuche der Versuchsstation, München. II. Füzet, 65. o., III. Füzet, 82. old.

Folyóvizek vizsgálati eredményei
(A víz szilárd anyagának %-ában)

Összetevők	Ohe	Isar	Regen	Ilz	Rachelsee
NaCl	0.8	0.7	3.1	6.5	2.1
KCl	1.3	1.8	7.1 ¹⁾	7.8 ¹⁾	8.7 ¹⁾
K-oxid	8.2	2.5	11.8	6.4	17.6
Ca-oxid	3.0	34.7	18.9	10.2	1.4
Mg-oxid	1.1	7.0	3.2	3.2	-
Al-oxid	0.1	0.1	2.2 ²⁾	3.8 ²⁾	1.7 ²⁾
Fe-oxid	0.2	12.4	1.1	3.0	1.7
SO ₃	1.2	0.1	2.5	-	-
P ₂ O ₅	3.4	1.0	ny	ny	ny
Si-oxid	7.2	22.0	8.9	10.5	3.6
Szerves anyag	73.6	17.6	41.2 ³⁾	49.7 ³⁾	63.1 ³⁾
Szilárd maradék	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

1) Na-oxid; 2) Oldhatatlan anyag, homok; 3) Szerves anyag, szénsav
(Johnson, Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. XCV. 226. old.)

Megjegyzés: Ohe és Isar Wittstein; Regen, Ilz és Rachelsee H.S. Johnson adatai.
A szilárd maradék: Ohe 156, Isar 225, Regen 81, Ilz 90, Rachelsee 70 mg/liter.
A szerves rész: Ohe 41, Isar 186, Regen 48, Ilz 46, Rachelsee 26 mg/liter.

Az Ohe és Isar folyóból származó növények hamujának analízise (Dr. Wittstein)

Vizsgált összetevők	Fontinalis antipyretica	
	Ohe	Isar
NaCl	0.346	0.834
K-oxid	0.460	
Na-oxid	1.745	2.325*
Ca-oxid	2.755	18.150
Mg-oxid	1.133	5.498
Al-oxid	9.272	1.616
Fe-oxid	17.039	9.910
Mn-oxid	4.555	0.850
SO ₃	1.648	2.827
P ₂ O ₅	nyom.	5.962
Si-oxid	61.000	51.494
CO ₂	-	-
Összeg	99.953	99.466

* K- és Na-oxid együtt

A növény hamuösszetételében mutatkozó eltéréseket dr. Nägeli elsősorban nem a vízminőség különbségére, hanem a növények korára és még inkább a mohába befészkelte idegen növényfajokra vezeti vissza.

**Schleissheim környékéről származó lápvíz (Dr. Wittstein) és
a lápvízen nőtt békalencse (Zöller) összetétele**

Vizsgált összetevők	Lápvíz sz.a. %-ában	Békalencse ¹⁾ hamu %-ában
NaCl	1.10	4.82
K-oxid	0.09	14.94
Na-oxid	2.17	1.31
Ca-oxid	20.72	28.13
Mg-oxid	3.63	3.70
Al-oxid	0.11	-
Fe-oxid	0.78	8.36
SO ₃	1.47	6.08
P ₂ O ₅	0.01	6.84
Si-oxid	0.27	
CO ₂	15.60	18.16 ²⁾
Szerves anyag	54.07	-
A szilárd maradék összege	100.0	100.0

1) Egy kifejtett tőzegtelep vizének felszínéről gyűjtve (Liebig) Svájcban

2) Szénsav, homok stb. együtt.

A víz szilárd maradéka 254, a szerves anyag 117 mg/l mennyiséget jelentett. A békalencse szárazanyaga 4.26 % hamut tartalmazott.

G. FÜGGELÉK

Tenyészedény kísérletek porított tőzegben babbal

A korábban leírt tenyészedény kísérletben a bab szárazanyagtermése az alábbi volt g-ban:

Termés jellemzők	1. edény telítve	2. edény 1/2 telítve	3. edény 1/4 telítve	4. edény nyers tőzeg
Szem	93.2	66.1	50.5	7.1
Hüvely	25.9	18.4	13.7	2.6

Levél	19.4	15.8	12.5	2.0
Szár	26.0	20.1	15.7	5.7
Gyökér	58.4	36.4	25.4	3.1
Összes súly	223.0	156.8	117.7	20.4

Ezek a számok igazolják a szemsúlyokból levont következtetéseket. Az összes termés súlyarányai a nyers tözegét 1-nek véve: 1:5.7:7:7:10.9.

H. FÜGGELÉK

Hohenheim tangazdaságáról és a földek racionális kezeléséről

A H. FÜGGELÉK az istállótrágya-gazdálkodás törvényszerűségeit kívánja megvilágítani egy konkrét esetben. Viszont nem akar polemizálni a jelenlegi Hohenheimi Tangazdasággal, melyhez a fenti értekezésnek semmi köze sincs.

A talaj tápelemkészletének, valamint a növényi felvételnek kémiai meghatározása technikailag könnyű feladat. Arányaik jelzik a talaj termékenységét és azt, hogy az istállótrágya-gazdálkodás a készletek állandó csökkenésén alapul. A talajok készlete a soron következő generációk növekvő népességének igényéhez mérten kicsi, ez a gazdálkodás a birtokok elértéktelenedéséhez és az országok elszegényedéséhez vezet. Fenti megállapításokat a gyakorlati gazdák vitatták és elsősorban a korábbi hohenheimi iskola lépett fel ellenük. Hohenheim azt állította, hogy a termékeny talaj kimeríthetetlen és csak a rosszabb talajokon szükséges a visszapótlás, amelyek ab ovo már igényelték is ezt a beavatkozást.

A tudományos következtetések bizonyítását könnyű nagyban, az országos termések fokozatos csökkenéséből levezetni. Nehéz viszont egyes esetekben bizonyítani. Még a jobb gazdaságok sem vezetnek könyvet a termésekről, ill. az alkalmazott trágya mennyiségéről. Nincs kontroll-gazdaság, ahol a trágyázást hosszabb időre felfüggesztenék. Olajpogácsa, takarmány és szalma vásárlásával vagy trágyaféleségek beszerzésével általában az eladott termékekben kivitt talajalkotórészeket részben pótolják. A kivont és pótoló talajalkotórészek számítása és a termések megítélése tehát bizonytalan lenne.

A Hohenheimi Mezőgazdasági Akadémia Tangazdaságáról kiadott két műben, melyek közül az egyik 1842-ben (Die königl. Württemb. Lehranstalt in Hohenheim. Stuttgart. K. Hofmann), a másik 1863-ban (Die land- und forstwirtschaftliche Akademie Hohenheim. Ebner und Seubert. Stuttgart) jelent meg, felbecsülhetetlen értékű anyag található az istállótrágya-gazdálkodás lényegének megítélésére. Ebben a hohenheimi földek termését 29 évre visszamenőleg feljegyezték. Mivel mindkét jelentés számadási beszámoló a gazdálkodásról, terméstről és pénzbevételről, ahol az adatoknak egyezniük kellett a felettes adóhatóságnak leadott évi számadással, úgy valóban lehet a számok hitelességére építeni.

A munkák hangsúlyozzák, hogy a gazdálkodáshoz általában trágyaszereket nem vásároltak, csak a tartományi gyümölcsfaiskola szükségletét fedezték. Lótrágyát hoztak Stuttgartból 1841/42 telén 1806 centnert, valamint 1843-ban ugyanilyen rendeltetéssel vásároltak malátamoslékot és olajpogácsát a szomszédos serfőzőből. Később a fákat fahamuval trágyázták, melyet az intézmény kályhái szolgáltatottak. Weckherlin (1842) egy adatából arra lehet következtetni, hogy 100 öl fát használtak el évente, mely mintegy 42 centner hamut ad. Az elégetett tőzegeből nyert sokkal nagyobb mennyiségű hamu tudvalevően a szántó-földön nem jelent érdemleges értéket. A fahamun kívül az intézmény meglehetősen nagyszámú lakosának exkrementumával mint kívülről történő bevittel legalábbis részben számolni kell. Végül még egy kis mészsálak (a szomszédos mészégetőből 45 forintért vásárolva) vehető figyelembe.

A tangazdaság átvételekor 1818-ban Karlshof (később Chausseefeld és Heidfeld) földjeit Schwerz igen rossz állapotban találta: kiszípolozva, elmocsarasodva és elgyomosodva. A rétek is soványak voltak és hiányzott minden: a trágya, a takarmány és a szalma. A négy évvel később átvett tejjgazdaság természetes adottságaiban sokkal jobb volt, kultúrállapotát tekintve azonban sok kívánnivalót hagyott maga után. Az első feladat a terület megtisztítása és kiszárítása volt, majd a sok katlan és mélyedés feltöltése és elsímitása, a sekély termőréteg mélyítése, végül a trágya mennyiségének növelése. Mivel Chausseefeld és Heidfeld talaja heretermesztésre alkalmasnak mutatkozott, Karlshof egyik részén a szokásos háromnyomású gazdálkodás helyett már az első években bevezették a váltógazdálkodást. Mindez természetesen a kiterjedt takarmánytermesztésen alapult. A siker megfelelt a várakozásnak. 1821-ben már Schwerz "alig tudott az összes zöldtakarmánnyal mit kezdeni a bőséges állatállomány ellenére." Még 18 hold heréből szénát is tudtak szárítani, csak alomból volt hiány, ezért a harmadik évben szalmát kellett venni.

A heretermesztés a talaj hatékony alkotórészeit mozgásba hozta, mélyebb rétegekből a felszínre emelte. Mivel a herét a birtokon etették fel, ezek az alkotórészek az állatok exkrementumában visszakerültek a szántóföldre és a termőréteg gazdagodását szolgálták, amely a jobb és célszerűbb mechanikai megművelés folytán évről évre alkalmasabb lett a gabonafélék termesztésére. A termések már az első években nőttek, a búza hozama több mint 20 %-kal emelkedett 1820-1840 között. Schwerz szerint: "A talaj erejének növekedése rövidesen megengedte, hogy a letermett hatodik tábláról még egy tavaszi gabonatermést vegyenek le (Chausseefeld rotációjában) és a kereskedelmi növényt nem tartalmazó (Heidfeld rotációja) forgóban az eddigi ugart burgonyával cseréljék fel. Utóbbi a gabona termőföldre gyakorolt kedvező hatása folytán az ugart tökéletesen helyettesíti."

A növekvő termések időszakában Schwerz már arra gondolt, hogy a szántóföldek számát a rétek rovására (amelyek azokat táplálják) gyarapítani kellene. A talaj erejét akkor még a földművelés mesterségbeli művészetének tekintették. Utóbbiban feltehetően sohasem lesz hiány, tehát a gazdaság jövedelmének növelése nem ütközhet akadályba. Takarmányban sem volt hiány: "mivel általában a

rendelkezésre álló burgonya készlete a szükségletekhez mérten nagy volt. A burgonyát jó áron elcserélték szénára, ami takarmányértékben gyakran többet jelentett."

Az 1832-1841. években a hohenheimi mezőgazdaság virágzott. A megelőző 10 év termelését is hasonlóan véve, az eladott terményekkel 1831-ben 22 ezer font foszforsavat vittek el, nem számítva a kivitt állatokban lévő mennyiségeket. A felhalmozott talajkészletek mellett a talaj elszegényedése ezekből a tápanyagokból nem volt megállapítható. Annál is inkább, mert ebben az időszakban a 196 morgenről származó szénában évente olyan utánpótlást kapott, mely a kiesést fedezte. Ameddig a termőrétegben még van tápanyagfőlösleg, addig annak kivonása nem okozza a termések csökkenését. A rablásnak hosszabb ideig kellett folytatódnia, hogy befolyása nyilvánvaló legyen. Ez az idő azonban túlságosan gyorsan jött el.

1838-ban a szegényebb talajú Heidfeld arra utaló szimptomákat mutatott, hogy a kövér évekre soványak következnek. Weckherlin szerint: "Mikor a föld a bevezetett rotációban már nem javul, sőt a legelők is annyira terméketlennek mutatkoznak, hogy a juhászat sem kifizetődő, akkor szükséges a hibát orvosolni." A vetésforgó módosítása azonban már nem segíthetett. Ettől kezdve a hohenheimi földek erejének javulásáról már nem volt szó többé. A korábbi eljárások kedvező hatása megszűnt. A természeti törvény szembekerült a művelés művészetével, bár utóbbi tartalékait még sokáig nem merítették ki.

Az ötvenes évek elején megmutatkozott, hogy a gondosan kimunkált forgó az előző hibáit nem hárította el. "Más rotációk túltrágyázott földjeit mérsékeltebben kell ellátni, hogy az így keletkezett trágyafőlösleget elsősorban Heidfeld talajára használják fel." A legegyszerűbb megoldásnak az kínálkozott, hogy a hiányzó trágyát a gazdagabb talajtól vegyék el. A szegényebb föld ezután kifizetődőbb terméseket adott a gazdagabb földek rovására. Utóbbiak tápanyagtökéje viszont ettől kezdve csökkent. A talaj elszegényedése arra készíteti a gazdát, hogy vetésforgóját megváltoztassa. Először meghosszabbítja a forgót, vagyis a korábban termesztett növényeket hosszabb időközökben veti egymás után. Ugart vagy további ugarnövényt iktat be. Növeli a kevésbé trágyaigényes növények termesztését, egyszóval termesztett növényeit a talaj tulajdonságaihoz igazítja. Ha sikerül így jövedelmét és terméseit megőrizni vagy növelni, új rotációja javulásnak tűnik.

A forgókra a trágyázás is hat, hiszen a termékenységet biztosítja. Amikor a trágya összetétele vagy mennyisége megváltozik, a rotációknak is meg kell változniuk. A vetésforgók tehát nem függetlenek a birtokon nyert trágyák természetétől és állapotától. A forgók megítélhetők tápelemforgalmuk alapján, a trágyák természete pedig a termesztett növények minőségéből. Itt mindkettőnek, a Hohenheimben termesztett növényeknek és az ott nyert trágyáknak a változásait kívánjuk bemutatni. A következő két oszlop áttekintést nyújt a szántóföld nagyságáról, mely az 1832-1841 közötti tíz és az 1854-1860 közötti hét éven át művelt terület volt, valamint az elért termésekről.

Termesztett	Első periódus	Harmadik periódus
-------------	---------------	-------------------

növények megnevezése	1832-1841		1854-1860	
	Morgen	Termés	Morgen	Termés
1. Szemestermény, véka				
Őszi és tavaszi búza	50	226	36	120
Tönkölybúza	43	445	96	1051
Őszi rozs	20	86	25	107
Káposztarepce	36	140	60	204
Tavaszi árpa	44	271	28	146
Zab	47	317	23	122
Zabosbükköny	16	108	19	113
Bab	2	9	5	18
Borsó	-	-	18	46

A táblázat folytatása

Termesztett növények megnevezése	Első periódus 1832-1841		Harmadik periódus 1854-1860	
	Morgen	Termés	Morgen	Termés
2. Egyéb növények, centner				
Burgonya	42	4514	-	-
Répa	28	3603	46	8162
Vöröshere	44	2176	46	2205
Lucerna	9	378	54	2738
Bükköny (zöld),takarm.rozs	53	1514	44	1346
Rétiszéna	210	3551	150	4035
Hereszéna	-	-	20	702
3. Legelő				
Herefű	-	-	20	legelve
Fél ugar legelő	-	-	20	legelve
Egészéves legelő	83	legelve	39	legelve
Legelt rét	16	legelve	-	-
Összes terület (1-3)	743	-	748	-
Szalmatermés, centner	-	5417	-	7080

A földterület hasznosítása az alábbi volt, holdban:

A földterület megoszlása	I. periódus	II. periódus	II. periódus	
	Weckherlin	Walz	Több	Kevesebb

	1832-41	1854-60		
Szemestermény	257.6	310.0	52.4	-
Takarmánynövény	176.6	209.7	33.1	-
Rét	210.0	150.0	-	60.0
Legelő	99.1	78.5	-	20.6

Ebből az áttekintésből kitűnik, hogy a szántóterületet Walz alatt kereken 86 holddal növelték, míg a rétek 60, a legelők 20 holddal csökkentek. A búza, árpa és a zab területe 60 holddal szintén visszaszorult, ami Walz szerint e növények 1840. óta bekövetkezett megdőlésére vezethető vissza. Ezzel szemben a tönkölybúza 53, az őszi rozs 5, az őszi zab 3, a bab vetése szintén 3 holddal emelkedett. Repcéből a II. periódusban 35 holddal többet vetettek, ehhez jön még 18 hold borsó.

A kezdetben kiválóan fejlődő Talavera búza Weckherlin alatt még 46 holdat foglalt el, de fokozatosan elfajult és Igel fajtával helyettesítették. Walz idejében az Igelből is csak 12 holdat vetettek. A gazdálkodás legnagyobb változását a rétek csökkenése mutatja. Szemesterménnyel bevetett földterület növekedése folytán a talajok döntően foszforban szegényedtek. Mivel mindenféle pótlólagos trágyavásárlás Hohenheimben lényegében kizárt, a gabonaföldek termőképességének fenntartását a rétek és a takarmánynövények szolgálták. Ha feltételezzük, hogy az első periódusban a betakarított réti- és hereszéna, valamint a répa elég volt a gabonaföldek tápelemvesztésének pótlására, később már nem lehetett az. Viszont a kisebb réten nagyobb átlagterméseket sikerült nyerni, 1854-60. közötti években a rétek csaknem 60 %-kal több szénatermést adtak:

1854-1860. között 150 hold á 26.9 centner = 4035 centner;
 1831-1842. között 150 hold á 17.5 centner = 2625 centner;
 Széna többlet 1410 centner

Növekedést a rétek trágyázásával értek el istállótrágyát és trágyalét használva. E célra a majorság és más forgók fölös erejét is igénybe vették. Mivel 1854-től 1860-ig több trágya állt rendelkezésre, évente 3366 centner istállótrágyát és 8.5 hold delelőhely 1305 centnerre becsült exkrementumát, összesen tehát 4671 centner trágyát használhattak fel a szénatermelés növelésére.

Walz szerint az istállótrágya súlyát széna és szalma értékben megközelítően ki lehet fejezni, ha azt 2.226-tal osztjuk. A 4671 centner istállótrágya tehát 2190 centner széna és szalma értéket képvisel, míg a rétek 1410 centner szénával hálálták meg a trágyázást. Valójában megrabolták a szántót és gazdagították a réteket feltehetően abban a reményben, hogy a rétek végül a szántók feljavítását eredményezik. Az utóbbi tíz évben megfigyelt lassú szénahozam-javulást nem szabad félreérteni, hiszen a széna és szalma alkotórészek meglehetősen költséges ide-oda tologatásán nyugszik. A réten nyert széna többlete olyan takarmányértéket képvisel, amely az istállótrágyázásból kerül levonásra.

Amit a rétek nyertek, azt a szántók elveszítik. Legjobb esetben a szénater-més többlete visszaállította a felvehető tápelemek egyensúlyát a szántóföldeken. De nem minden esetben, hisz a gabonafélék szalmája pl. sokkal gazdagabb kovásvanban, mint a széna. A rétek tehát az istállótrágyában sokkal többet kaptak a szalma szilárdságához nélkülözhetetlen Si-ból, mint amennyit a szénából. Weckherlin (Hohenheim igazgatója 1837-1845 között) már Walz előtt elkezdte a rétek istállótrágyázását, évente átlagosan 1700 centnert használt. Említésre méltó, hogy 1839 és 1840 években a rétek kivételesen nagy mennyiségű, 7678 centner trágyát kaptak. A búza, árpa és a zab kezdett megdőlni 1840 után, termés kiesést okozva. A rétek szénatöbblete nem volt képes a kalászos földek korábbi termését megtartani, így a takarmányterület nőtt (hold):

Növény	1842.	1854-1860.
Répa	28.1	46.6
Lucerna	8.6	54.0
Összesen	36.7	100.6

Érthető, hogy idővel a lucerna és a répa termése ugyanazokon a földeken csökken, mivel az altalaj velük szemben ugyanúgy viselkedik, mint a szántott réteg a kalászosokkal szemben. Vagyis fokozatosan kimerül és új földeket kell művelésbe vonni. A répa és a lucerna ilyenén vándorlása addig tart, míg az egész birtok altalaja ki nem merül. És ezzel az istállótrágya-gazdálkodásnak vége. Az istállótrágya-termelést szolgáló takarmánynövények hozamai 5070 centnerrel nőttek 1854-1860. között az 1832-1841. évekhez viszonyítva (centner):

Növény	1832-1841.	1854-1860.
Takarmány a földekről	4068	6991
Rétiszéna	3551	4035
Szalma	5417	7080
Összesen	13036	18106
Burgonya	4514	8162*
Répa (csicsókával)	3603	
Összesen	8117	8162

* Gyök gumósok együtt

A foszfor körforgása

Az eladott szemesterményekben a földek évente 2.200 fontnál több foszfor-savat veszítettek 1832-1841. között, melyet részben a rétek pótolnak. A rétszéna P-tartalmára vonatkozó adatok eltérőek. A fiatal fű (85-88 % víztartalommal) több és P-gazdagabb hamut ad, mint az érett széna. Ez utóbbi hamuja 30-50 % kovasavat tartalmaz, míg P-koncentrációja arányosan kisebb. Az átlagos P_2O_5 tartalom 0.45 % körüli, hasonló mint amennyit a zab mutat. A réti széna 3551 centnerében 1598 font P_2O_5 van. Az 1854-1860. években termett szemtermésben a foszfor hozama 2700 font. A 4671 centner rétre vitt istállótrágyában Völker szerint számolva (0.15-0.12 %) még 700 font, ez összesen 3400 fontot jelent. A rétek évente a 4035 centner szénában 1800 font többletet szolgáltatnak. Az 1832-1841. években tehát a hohenneimi földek az eladott terményekkel 600 fontot, míg az utóbbi periódusban 1600 fontot veszítettek évente.

A here és a répa által az altalajból felhozott P pótolta a gabonaföldek veszteségeit, így főképpen a rét és a szántó altalaja lett szegényebb. Ha a veszteséget az első 20 évben (1821-1840) évente 22 centnerre, az utóbbi 20 évben évente 27 centnerre becsüljük, úgy a hohenneimi birtok (rét és szántó együttesen) 980 centner P_2O_5 -t veszített. Még ha 100 centnerrel kisebb lenne is a valódi veszteség, 3600 centner csontlisztet kellene adni, hogy a gazdaság eredeti állapotát vissza-nyerje. ($1 P_2O_5 = 2.2$ Ca-foszfát = 3.6 csontliszt). Az említett mennyiség 3/4-ét talán a rétek, 1/4-ét pedig a legelő igényelné. Az állati termékekkel kivitt P eme számításokban nem szerepel.

A kálium körforgása

Az 1832-41. években feltakarmányozott burgonya, répa, here, zöld bükköny stb. mintegy 9700 font K_2O -t tartalmazott. Ehhez jött még a 3551 centner rétszénából (a 1.5 %) 5300 font, összesen tehát 14-15000 font K_2O . A takarmányok K-a az állatok vizeletével trágyalébe kerül, melyet Hohenneimben hasznosítanak. A tehén és növendékmarha istállónak van saját gyűjtője, valamint létezik egy közös az igásistálló számára. Az első egy négyszögletes tároló a szabadban, mely kikövezett csatornával van körülvéve három oldalról az összefolyó víz távoltartására. A negyedik oldalon a trágya lerakása történik. Építettek egy 3 láb mély és 6 láb széles kifalazott hígtrágya tartályt pumpával ellátva, amelyben az istállóból szivárgó trágyalevet gyűjtik. Hasonló a másik trágyatelep elrendezése is.

Weckherlin alatt "A trágyát mindennap kihordták az istállóból. Két szakaszt képeztek, hogy a friss trágyát elkülönítsék a régitől. A másodikat akkor kezdték rakni, amikor az első 4-6 láb magas volt. A rétegeket gondosan egymásra helyezték körös-körül egyenes falat építve, míg középen a trágyát egyenletesen elterítették. A trágyalé-pumpa és a körbe húzott csatorna segítségével a trágyát télen és nyáron 2-3 naponként megöntözték trágyalével. Az öntözés esős időben elmaradt." A nélkülözhető vizelet egy része komposzt készítésére szolgált. Kivételesen sok komposzt készült az 1839-1840. években 196 hordó (1 hordót 2000 literre becsülve)

trágyalé felhasználásával. Komposzttal a réteket táplálták, mert trágyalével közvetlenül nem öntöztek.

Az istállótrágya koncentrált trágyalével telítetten került a földekre. Amennyiben a komposzthoz felhasznált trágyalé a szarvasmarha és a ló vizeletének K-át tartalmazta (0.47 % K_2O), úgy az 1839-1840. években mindössze 3680 font került vissza a rétekre. Ez csak valamivel több mint 2/3-a a rétek által szolgáltatott 5300 font K_2O -nak. Az 1832-1841. években a K-forgalom kiegyenlített, amit a talaj a gumós és gyökérnövényeknek leadott, az a trágyában újból vissza-került a földekre. Az 1854-1860. években azonban a K-körforgás megszakadt. Más megoldást választottak. A komposztkészítést feladták. Megszűnt a trágya-kazal öntözése trágyalével, utóbbit a réteken hasznosították.

Mindkét trágyalétartályt a botanikus kert két medencéjének egyikébe ürítik, majd két forrás és az udvari kutak vizével hígítva a rétekre juttatják. A trágyalé 25 holdat kitűnő állapotban tartott. Emellett tartálykocsival a zöldségeskertbe és a kísérleti területre is szállítottak egyes növények alá mint a káposzta, dohány stb. Komposzt készítésére nagyon ritkán került sor." Mivel a trágyatelepek nyitottak és az esőnek kitéttek, a trágyalé és a benne foglalt oldható sók a trágyakazalból eltávoznak, nagy részük nem kerül vissza a földekre. A következő áttekintés érzékelteti az ebből eredő K veszteségeket. A megtermett növények K_2O hozama az alábbi volt:

Növény	Termés (centner)	K_2O (font)
Répa	8162	2938
Vöröshere	2205	3401
Lucerna	2738	4244
Zöld búkköny stb.	1346	2086
Összesen		12699

Ehhez jön még a 4035 centner rétiszenával 6052 font K_2O , tehát a trágyalében mindösszesen 18721 font K_2O volt. Amennyiben a frissen kihordott trágyában maradt a trágyalé 1/3-a, a földek évente elszenvedett K_2O veszteségét 6000 fontra tehetjük. A gazdaságban tehát a rétek P-ban, a szántók pedig K-ban szegényedtek. Utóbbi megmutatkozott a burgonyatermesztés nehézségeiben. Az 1832-41. években még 42 hold burgonyát vetettek, amely holdanként 106 centner gumót adott. Az 1854-1860. periódusban a burgonya kiesett a rotációból, termést már nem közöltek a táblázatokban, mert 1846-tól fellépett a burgonyavész.

A burgonya K-ban igen gazdag, táplálékát a talaj felső rétegeiből veszi. Weckherlin idején az összes K bőségesen visszajutott a talajba. Később a szántott réteg K-tartalma folyamatosan csökkent. A répa és a lucerna, melyek a K-ot főképpen az altalajból vonják ki, nagy terméseket adtak, míg a K hiánya a burgonya fejlődését korlátozta. A gazdaság alapelve szerint az istállótrágya hozza létre a terméseket és a "mezőgazdaság lelke". Az 1854-1860. években 5070 cent-
nerrel több istállótrágya termelődött, mely 1/3-dal meghaladta az 1823-1841. évek színvonalát. A hohenheimi iskola tanítása alapján egyre nagyobb termések várhatók. Ennek a gazdálkodásnak az eredményét a következők mutatják:

Az 1832-41. években kereken 50 hold búza 226 vékát adott, Walz idejében 36 hold 120 vékát. Mivel 1 véka = 8 simri, egy hold az első periódusban kereken 36, Walz alatt 27 simrit termett. A többi termés adatait az alábbi táblázat mutatja simri/hold egységben:

Növényfaj	1832-1841.	1854-1860.
Búzaszem	36.4	26.9
Repce	31.2	27.1
Árpa	48.8	42.6
Zab	54.4	42.5
Zabosbükköny	54.0	47.3

A hohenheimi gabonaföldek termőképessége tehát állandóan csökkent. A számítások szerint 1 hold szántón a pénzbeni veszteség 4 forint 6 krajcárt tett ki a korábbi időszakhoz képest. A járadék szerint egy hold szántó Weckherlin alatt 100 forinttal többet ért, mint 1860-ban. A 310 hold szántó értékcsökkenése 31000 forint összegre rúgott. 1854-1860. között évente eladták a föld értékének egy részét anélkül, hogy tudomást szereztek volna az elvitt terményekben foglalt tőkéről.

A tiszta istállótrágya-gazdálkodás a földek termékenységét nem képes megőrizni. A hohenheimi gazdaság tükrözi más országok állapotát is. Akik az 1854-1860. években látták a hohenheimi földek bujaságát, a növekvő szalma- és széna-terméseket, a trágya szaporodását, senki sem gondolta, hogy ez a gazdálkodás hanyatlóban van. A tudomány mélyebbre hatol és megmutatja e gyakorlat korlátait, melynek végső következménye a birtok kimerülése és elértéktelenedése.

I. FÜGGELÉK

A berlini mezőgazdasági miniszternek készített jelentés a japán mezőgazdaságról

Dr. H. Maron
a porosz kelet-ázsiai expedíció tagja

I. Fejezet

Talaj és trágyázás

A japán szigetbirodalom a 30. és 45. északi szélességi fokok között terül el. Hőmérsékleti viszonyait tekintve klímája Közép-Németország és Észak-Olaszország minden fokozatát magában foglalja. Az elhagyatott és nem igazán jól fejlett trópusi pálma békességben megfér az északi fenyővel. A rizs és a gyapotcserje mellett a pohánka és az árpa is díszlik. Mindenütt a dombok láncolatain, az egész országban dominál a fenyő. Rányomja bélyegét a tájra, amely az utazó északi embernek jótékonyan tűnik szemébe, amikor a trópusok izzásából és túlburjánzásából jön erre a vidékre. A völgyben azonban a dél uralkodik rizzsel, gyapottal és batátával. Az átmenetet a fenyőtől a gyapothoz (a magasból a völgybe) ösvények és keskeny szurdokok közvetítik. Tarkán keverednek körülöttünk a babé-rok, mirtuszok, ciprusok, tuják és mindenekelőtt a zsírosan fénylő kaméliák.

A vidék vulkáni eredetű, felszínét a tufa és diluvium takarja. Minden hegyvonulata barna, rendkívül finom, de nem túlságosan zsíros agyagból áll. A völgyek talaja ezzel szemben kevésbé változatos fekete, laza és mély kertiföld, amint azt 12-15 láb mélyre ásva rendszeresen nyomon követhettem. Alatta valószínűleg vízátmeresztő agyagréteg fekszik. A hegyek az erős és gyakori esőzések következtében számos forrást adnak, melyek mindenütt megtalálhatók és nagyobb fáradság nélkül öntözésre használhatók. A völgyek talajának vízzáró képessége nyomán olyan mocsárrá alakulnak, melyet a rizs igényel.

A talaj jelenlegi gazdagsága vajon egy sokezer éves kultúra eredménye, vagy öröktől való természeti képződmény? Annyit el kell ismerni, hogy a hordalékok agyagtartalma, az enyhe éghajlat és a vízben való gazdagság minden feltételét biztosította a magas kultúra kialakulásának. A dolgoz, ügyes és józan nép pedig mindezen eszközöket értelmesen felhasználta és a mezőgazdaság művelését valószínűleg nemzeti céllá tette, jóllehet ez a feladat a parasztokra és kisemberekre hárult. A paraszt a társadalom hatodik, azaz utolsó előtti osztályába tartozott. A felsőbb művelt osztályok tagjai között nem találunk gazdálkodót. A gazda képzéséhez intézmények nem voltak, sem mezőgazdasági szövetségek vagy akadémiák, az időszakos sajtó sem közvetítette a tudás valamiféle luxusát. A fiú egyszerűen az apjától tanult. Az apa éppen annyit tudott, mint a nagyapa és a dédapa tudtak. Mindenki éppen úgy végezte munkáját, mint bármelyik gazda a birodalom másik részén és mindegy volt, ki és hol tanulta azt. A tudás ősidők óta megőrződött és minden tanuló átvette tudás-örökségét.

Be kell vallanom, hogy sokszor mély szégyenérzet töltött el, amikor ezzel az egyszerű tudással és annak vitathatatlan alkalmazásával szemben a hazai valóságra gondoltam. Mi kultúrnépnek nevezzük magunkat, művelt népnek.

Mindenütt vannak szövetségek, akadémiák, kémiai laboratóriumok és kísérleti gazdaságok, melyek fejlesztik és terjesztik a tudományt. Mindezek ellenére a gazdálkodás legfontosabb tudományos alaptételeit illetően heves, gyakran elkeseredett vitákba bocsátkozunk. A becsületes kutatóknak be kell vallaniuk, hogy pozitív tudományuk még végtelenül kicsi. Másrészt ezt a kis pozitív tudást sem sikerült elterjesztenünk a gyakorlatban.

A nagy kérdések közül (melyek nálunk égetőek, itt azonban az évezredes tapasztalat laboratóriumában régen eldöntöttek) elsősorban a trágyázást kell kiemelnem. A régi világ képzett gazdája Angliát tekinti az ésszerű gazdálkodás ideáljának. Angliát rétjeivel, hatalmas takarmány-termesztésével, hízómarha csordáival és főképpen nagy guanó, csontliszt és repcepogácsa felhasználásával elfogadja a racionális gazdálkodás egyetlen lehetséges típusának. Semmi sem lehet meglepőbb számára, mint egy országot magasabb kultúrfokon látni rétek és takarmánytermelés nélkül, egyetlen állat (haszon- és igásállat) nélkül, ill. a legcsekélyebb guanó, csontliszt, salétrom vagy repcepogácsa felhasználása nélkül. Ez az ország Japán.

Nem tudok mosoly nélkül gondolni angliai utazásomra. Az ottani mezőgazdaság egyik korifeusa gazdag állatállományára utalva szigorúan véste emlékezetembe: "Minél több takarmány, annál több hús; minél több hús, annál több trágya; minél több trágya, annál több szem." A japán ezt a végkövetkeztetést egyáltalában nem ismeri. Pusztán igazodik a vitán felüli tényhez: Folyamatos trágya-zás nélkül nincs folyamatos termelés. A talajból elvitt táperőnek csak kis részét pótolja a természet (ami alatt ő a levegőt és az esőt érti). A másik részt nekem kell pótolnom. Hogy mivel, az lényegében mindegy. A vidék termékei elfogyasztva áthaladnak az emberi szervezeten, mielőtt eredeti helyükre visszatérnének. Mindez a trágyázás szempontjából csak szükséges rossz, mely mindig veszteségekkel jár. Az állattenyésztés beiktatásának szükségességét a japán egyáltalában nem látja. Milyen sok haszontalan és költséges munkát jelentene, ha a talaj termékét először állatokkal etetnék fel. Az állattenyésztés közbeiktatása sok költséggel és fáradtsággal, valamint sokkal nagyobb veszteséggel járna. Mennyivel egyszerűbb, amikor a gabonát az ember fogyasztja el és a trágyát is maga állítja elő.

Ez a helyzet történelmileg alakult így. A vallás megtiltotta a japánoknak a húsevést mindkét irányzat, a sintoisták és a buddhisták számára egyaránt. Nemcsak a hús élvezetét tiltja azonban, hanem mindent, ami az állattól származik (tej, vaj, sajt). Az állattartás egyik célja így elesik. A birka sem kifizetődő, ha csak gyapjáért tartják és húsát nem fogyasztják. Úgy látszik, erre a belátásra jutottak Németországban is.

Az állattartást kizáró második ok a birtokok mérete, kicsinysége. Minden terület a hercegek tulajdona, akik azt a hűbériség keretei közt az alsóbb nemeseknek engedték át. Mivel a földet a nemesek nem maguk művelik, hűbérbirtokukat parcellánként bérbe vagy örökölhető bérbe adták. A föld jelenlegi felosztása és tagolódása ösidők óta fennállni látszik. A parcellák határainak valamikori kijelölésében a természetes fekvés vagy egy vízfolyás volt az irányadó. A

parcellák nagysága gazdaságonként 2-5 morgen (porosz hold) között változott, melyeket még el- és levezető árkok is keresztülszeltek. Így ritkán találni olyan nagy földdarabot, amelyen igásállatot használhatnának.

Mi azt hisszük, hogy húsfogyasztás nélkül nem tudjuk erőnket fenntartani. Bár szemünk előtt van a példa, hogy munkásaink (akiknek legalább annyira szükségük van erejükre) nagyrészt akaratlanul is buddhisták. Üzemeink méretei oly nagyok, hogy a kézi művelésre nem lehet gondolni. A munkabér és a termék közötti arányok ilyen intenzív kezelést csak ritka esetben engednek meg. A talaj belterjes művelése az egész világon egyenes arányban áll a föld parcellázottságával. Az elmondottak realitása és jelentősége akkor tűnik igazán szembe, ha Észak-Németországból Anglián keresztül Japánba utazunk. Japánban az egyetlen trágyaelőállító maga az ember és kézenfekvő, hogy exkrementuma megőrzésére, kezelésére és felhasználására nagy gondot fordítanak. Úgy vélem mindez sok tanulságot tartalmaz számunkra, ezért kötelességemnek érzem (annak veszélyével, hogy esztétikai érzéket sértek) a legrészletesebben közölni.

A japán árnyékszékét másként építi mint mi. Nálunk az udvar lehető legtávolabbi sarkában található félig nyitott hátsó fronttal, hogy az eső és a szél szabad járását biztosítsuk. Ő házának egy zárt részén helyezi el azt. Mivel a széket egyáltalában nem ismeri, az e célra szolgáló tiszta, gyakran tapétázott vagy lakkozott helyisége nélkülözi a nálunk szokásos ülőpadot. Helyette egyszerű téglalap alakú lyukat találunk a bejárati ajtóval szemben, mely az exkrementumokat az alatta lévő térségbe vezeti. A nyílást szélességében lába közé veszi és dolgát guggoló helyzetben végzi. E helyiséget a legszegényebb földművesnél is tökéletes tisztaságban találtam.

Nálunk a szemétdombok és pajták mögött épülnek az árnyékszékek a napszámos munkásoknak. Ellátjuk azokat padokkal és kerek nyílásokkal a tetején, de néhány nap múlva hasonlítanak egy rossz disznóólhoz. Talán azért, mert a mi munkásaink is természetes előszeretettel mutatnak a guggoló helyzet iránt. A japán árnyékszék konstrukciója azt mutatja, hogy ezeken az embereken is segíthetünk. Az árnyékszék négyszögletes nyílása alatt edény áll az exkrementum felfogására. Ez rendszerint kád formájú vödör felül fülekkel, amelyeken hordozórudat lehet áthúzni. Gyakran nagy agyag fülesedényről van szó, amelyhez a helybeli agyagföld szolgáltat anyagot. Ritkán és csakis városokban az edények alján rétegezve pelyvát, esetleg durva szecskát találtam. (Ez az eljárás, ha nem tévedek, nálunk is javasolt egy idő óta.) Amikor az edény megtelik, kiemelik és nagyobb trágyatartókba ürítik, melyek a földeken vagy az udvarban találhatók. Utóbbiak csaknem a peremükig földbe helyezett hordók, vagy hatalmas, 8-12 köblábnyi kőedények. Ezek a tulajdonképpeni trágyaderítők.

A fekált vízzel hígítják, míg alapos keverés után az egész massa finom eloszlású homogén pép lesz. Esős időben a gödröt eltolható tetővel takarják le, tiszta időben azonban ki van téve a szélnek és a napnak. A pép szilárd alkotórészei fokozatosan ülepednek és érlelésen mennek át. A víz elpárolog. Ez idő alatt az

árnyékszék újabb adagot szolgáltat. Ismét vizet adnak hozzá, az egészet jól összekeverik és éppen úgy kezelik, mint az első adagot. Ilyen módon folytatják, míg a gödör megtelik. Akkor az utolsó feltöltés és ismételt alapos átkeverés után 2-3 hétig állni hagyják. Sohasem használják fel frissen a trágyát.

Ez az egész eljárás azt mutatja, hogy a japánok nem óvják a N-t, csupán a trágya szilárd alkotórészeivel foglalkoznak. Az ammóniát teljesen kiszolgáltatják a nap elbontó és a szél elpárologtató hatásának. Annál gondosabban megőrzik azonban a szilárd alkotórészeket a kimosódástól és elhordástól. A földműves földjének járadékát nem pénzben, hanem naturálisan a termés bizonyos százalékában rója le bérbeadójának vagy hűbérurának. Azon a véleményen van, hogy házi hulladéka nem lesz elég a gazdag talajának fokozatos kimerülését megakadályozni annak ellenére, hogy a legközelebbi patak vagy csatorna öntözővizével együtt kétségtelenül trágyaanyagokat is kap. Ezért mindenütt ahol kis földje utakkal, ösvényekkel határos, fekálygyűjtő edényeket ás be. Utóbbiak használatát az utazó közönség gondjaira bízta.

Az egész társadalom tudatában van a trágya gazdasági értékének. Bizonyítékul szolgálnak erre utazásaim, melyek során a legtávolabbi völgyekben és a legszegényebb kunyhókban is megfordultam. Soha még a legeldugottabb sarokban sem láttam emberi fekált szanaszét a szabad földön. Nálunk vidéken szászámra hever az emberi ürülék az árnyékszék mellett és az udvar minden sarkában. A mezőgazdasági hulladékokhoz más anyagok is csatlakoznak Japánban, melyek nem a talajból származnak és így további trágya importot képviselnek. Minden folyóban, patakban és csatornában, valamint a sok kis tengeröbölben számtalan ehető hal nyüzsg. Halakat, rákokat és csigákat tömegével fogyasztanak, a tenger gyümölcsei pedig végső soron értékes külső adalékai az árnyékszéknek és a föld javát szolgálják.

A japán gazda komposztot is készít. Mivel nincs állata, nélkülözi szalmájának és egyéb melléktermékeinek hasznosítását takarmányként vagy alomként. Gazdasági hulladékainak ezt a részét állat közbeiktatása nélkül kell a talajba visszajuttatnia. A szecskázott szalmát, fölösleges pelyvát, igáslovak utcáról felszedett ürülékét, répafejet és zöldjét, a batáta zöld részét és mindenféle egyéb hulladékot gypfölddel keverik, kis prizmába rakják, megnedvesítik és szalmate-tővel fedik. Gyakran találtam a komposzthalomban csiga- és kagylóhéjakat, melyek a patakokban és a tengerparton tetszés szerinti mennyiségben gyűjthetők. A prizmát időnként megnedvesítik és körülszurkálják, hogy az erjedés a napon gyorsan végbemenjen. Ha bőségben van szalma vagy a komposztot éretlenül idő előtt akarják felhasználni, a prizmát erjesztés helyett meggyújtják és a hamut magtrágyaként a vetőmagra szórják.

A komposzt ilyen kezelése is arra utal, hogy a N közömbös a japán gazda számára. Arra törekszik, hogy minden szerves anyagot lebontson és trágyája gyorsan érvényesüljön. Ezt a célt szolgálja még, hogy lehetőleg folyékony trágyát használ és nem ismer mást, csak a fejtrágyázást. Vetés előtt barázdákat húz és a

magot kézzel szórja bele. Erre jön egy vékony réteg komposzt és végül az árnyékszék fekálja felhígítva. Hígítás a szállítövödörökben történik, amikor a trágyát derítőkől a barázdákba viszik. Így érhető el az egyenletes keverés és homogenizáció. Az érett trágya veszély nélkül érintkezhet a vetőmaggal és az első finom gyökérhajtásokat is ellátja tápanyaggal.

Talán ez az eljárás nálunk nem használható, de néhány tanulságot levonhatunk belőle, ill. hazai viszonyainknak megfelelően alapelveket fogalmazhatunk meg:

1. A trágyák ill. hamutápelemek nagyobb koncentrációja kívánatos, mert lényeges költségmegtakarítással jár. A N-veszteségek ellenére a föld termékeny maradhat. Bizonytal jobb lenne a N-t is megőrizni, de olyan módszert nem ismerünk, amely mindkét előnyt egyesíti. Míg nincs jobb, használunk kellene a jót!
2. A fejtrágyázás hatékony, egyben kapcsolódik a soros műveléshez.
3. A folyékony trágyázás is előnyös, de nem olyan szélsőséges formában, mint Angliában. (Egy megjegyzésében a szerző utal Angliából küldött jelentésére. *Annal. der preuss. Landwirtschaft XXXVIII. 471. old.*)
4. Végző tanulság, hogy a japán trágya nélkül növényt nem termeszt.

Japánban minden növény csak annyi trágyát kap, amennyi fejlődéséhez éppen szükséges. A talaj jövőbeni gazdagításával nem foglalkoznak, nem alkalmaznak tartalékoló lassú hatású szereket. Viszont minden termést trágyáznak és az ugar fogalmát egyáltalában nem ismerik. Az évi trágyatermelésüket tehát a művelt terület egészére kell elosztaniuk, mely csak soros vetéssel és fejtrágya-zással lehetséges. A hosszú szalmás trágyánkat mi valójában elpazaroljuk, amennyiben sortrágyázás helyett szétterítjük az egész területre.

A városokból származó fekált nem kezelik, nem dolgozzák fel guanóvá vagy pudretté, hígítva kerül érintetlenül a földre, hogy rövid idő után bab vagy répa formájában térjen vissza. Csónakok ezrei mennek kora reggel fekállal telt vödörökkel a városok vízi útjain és osztják az áldást a legtávolabb fekvő szántóföldekre is. Vannak valóságos "trágyaposták", melyek rendszeresen közlekednek. Elismerem, bizonyos mártíromság szükséges ahhoz, hogy ilyen "postajarat" vezetője legyen valaki. Esténként hosszú sorokban vidéki parasztokkal találkozni, akik reggel hozzák a környék termékeit a városba és most két vödör trágyával térnek vissza. Nem szilárd, kezelt, szagtalan trágyával, hanem azon friss keverékkel, mely természetes viszonyok között az árnyékszékben található. Igáslovak karavánjai gyakran 50-60 mérföld távolságból szállítanak ipari termékeket (selymet, olajat, lakkanyagokat stb.) a fővárosba. A kulikhoz hasonlóan visszaúton ők is fekállal telt kosarakkal és vödörökkel lesznek megrakva.

Így bontakozik ki előttünk a természeti erők végtelen körforgása. A lánc egyetlen szeme sem vész el, egyik a másiknak nyújtja a kezét. Ezzel szemben mi eladjuk talajerőnk egy részét szem, répa vagy burgonya formájában, de a terményeket a városba vagy gyárba szállító kocsik nem hoznak vissza pótlást. A láncból egy szem kiesik. A talajerő másik részét feltakarmányozzuk nagy nyájainkkal, melyből tekintélyes hányad távozik a gazdaságból hízóállat, tej, vaj vagy gyapjúként. Tehát szintén nem tér vissza, így egy második szem is kiesik. A kisebb harmadik részt mi fogyasztjuk el munkásainkkal és hasznunkra lehetne, ha gondosabban, japán módon értékesítenénk. De gazdaságainkban az árnyék-szék trágyája említésre méltó jelentőségre nem tesz szert! Azt hiszem, hogy egy 1000 holdas birtokon az árnyékszéki trágya nem lenne elégséges fél holdra. Egyedüli forrás, amit állataink termelnek. Ez pedig kis része csupán annak a talajerőnek, amelyet eladtunk.

Az elmondottakkal szemben felhozható, hogy éppen a nagy állattartó rendszerünk képes talajainkat kultúrállapotba hozni. Kérdés, hogy ez mit jelent? Mindenekelőtt a "kultúra" fogalmát kell tisztázni, mely alatt a talaj azon képességét értjük, hogy huzamos ideig magas terméseket ad. Vagyis a talajtőke valódi kamatát biztosítja. Nem hiszem, hogy birtokaink többsége valódi kultúrállapotban van, de a jó megmunkálás és a részletes trágyázás a talajerőt mozgósította, így átmenetileg magas terméseket kapunk. A nagy termés nem a járadék, hanem maga a tőke. Minél mozgékonyabbá tesszük ezt a tőkét, annál gyorsabban fog kimerülni a jelenlegi gazdálkodásban. Tehát nem igazi kultúrállapot áll fenn. A trágyázás célja annyi N-t juttatni a talajba amennyit csak lehetséges, hogy a szunnyadó talajerőket felkeltsék.

Ez a nagy különbség az európai és a japán kultúra között. Az európai látszatkultúra és a csalás rövidebb vagy hosszabb idő után napfényre kerül. A talaj termése a talajerő járadéka. A japán tudja, hogy a járadékból kell élnie, ezért a tőkét nem csökkenti. Akkor ad ki az egyik kezével, ha a másikkal vissza tudja venni és sohasem vesz ki többet a talajából, mint amennyit annak adhat. Nem erőszakol ki semmit a N-vegyületek nagymérvű adagolásával. Ezért nem nyújtanak a földek olyan buja képet mint nálunk, földjeiken nem állnak 6-8 láb magas szalmaerdők, sem 100 fontos répa 99 % víztartalommal. Nincs semmi különleges a japán termések látványában. Amiben felülmúlnak, az biztonságuk és egyenletességük évezredek óta. A járadék csak átlagos.

A kultúra azonban valóban magas és a termelés nagy. Az ország mindössze akkora, mint Nagy-Britannia és hegyvidékei miatt legfeljebb fele művelhető. Lakossága viszont meghaladja Angliáét, mely köztudomásúan évente sok milliót költ élelmiszer-importra. Ezzel szemben mióta Japán kikötői megnyíltak, az ország nem jelentéktelen élelmiszer exportőr.

II. Fejezet

A talaj megmunkálása

A mélyművelés vezérelve napjainkban általánosan elfogadott lett. Az egyetlen ellenvetés, hogy bevezetése nagy trágyatőkét igényel. Keveset tudunk Japán magas fokon megvalósított mélyműveléséről. A kuli darabka földjét olyan anyaggá tette, melyet tetszése szerint formálhat, mint a szabó a vásznát. Ma búza áll egy földdarabon. Nyolc nap múlva learatják. A föld fele vízzel mélyen átitatott mocsárrá válik, amelybe a bérülő térdig besüppedve rizst ültet. A másik fele a rizsföld felett 2-2.5 lábbal kiemelkedő széles száraz ágyás, amelybe gyapotot, batátát vagy pohánkát vet. Esetleg a terület közepén van egy négyszög ágyás, míg a széles perem körös-körül rizsföld. A rizs felületét a víz állandóan sekélyen befedi, ezért gondos planírozást és szintezést igényel.

Az egész munkát a gazda és kis családja végzi. A talaj könnyen művelhető, mélyen laza még a termésbetakarítás után is. Amikor mélyen laza, termékeny réteggel rendelkezünk a gazdaságban, akkor lehet valódi mélyművelésről beszélni. Tétélezzük fel, hogy a rizs legalább 1-1.5 láb művelt talajt kíván és adjuk hozzá a feltöltött ágyás fél magasságát, így 2-3 láb mély kultúrréteget kapunk. A földet tetszés szerint láppá vagy magas ágyássá alakítják, valóban mélyen forgatják. Ha mi a művelt réteg mélyítésével olyan sokáig akarunk várni míg trágyafölöslegünk lesz (ami relatív fogalom), úgy nem lesz előrelépés. Tudva-levően nem lehet megtanulni úszni anélkül, hogy a vízbe mennénk.

A földművelést fenntartja Japánban az ősidők óta bevezetett sorbavetés. Az eljárás előnyeiről régen tudunk. Kapásnövények kapcsán a tankönyvek mindig említik a termőréteg mélyítésének fontosságát és kertészeink általánosan alkalmazták is. A sorban termesztés jelentőségét Japánban értettem meg igazán, miután sokrétű megvalósítását láttam. Nálunk a soros vetést csak egy-egy növény-nél alkalmazzuk. Japán azonban gazdasági rendszerré emelte és a vetésforgó ill. a "táblás gazdálkodás kényszerzubbonyától" tökéletesen elszakadhatott. Ezáltal a valóságban is szabad ura lett földjének. Nemcsak az egymásutániségot változtatta egymásmellettiségre, hanem a köztes termesztést is magasra emelte. A szabályozatlan összevisszaságot a soros műveléssel és a hozzá kapcsolódó vegyes kultúrával szabályozott renddé fejlesztette. A földet pl. a következőképpen művelik meg.

Október közepén a pohánka az egyetlen növény a földön, mely sorokban áll 24-26 col távolságban. A közöttük fekvő üres sorok a már betakarított tarlórépáé. A pohánka sorközeit most kapával mélyen megmunkálják és a friss föld egy részét a virágzó növényre töltögetik. A középben kialakított barázdába repcét vagy téli borsót vetnek. A vetést a már leírt módon trágyázzák, a magot és a trágyát sekélyen földdel borítják. Mire a repce vagy a borsó kikel, a pohánka megéri és learatják. Néhány nap múlva az üres sorokat fellazítják, kitisztítják és búzával vagy téli répával vetik be. Így következik sor a sorra, termés a termésre egész éven át. Az elővetemény közömbös. Csak a rendelkezésre álló trágya, az évszak és a

gazdaság szükségletei irányadók a következő növény megválasztásakor. Ha hiányzik a trágya, akkor a köztes sorok annyi ideig maradnak bevetetlenül, amíg a szükséges trágyamennyiség össze nem gyűlik.

A rendszer előnye, hogy minden trágyát azonnal felhasználhatóvá tesz, tehát a benne fekvő tőke nem fekszik járadék nélkül. Egyenes arányban áll a termés a talajerővel, ill. a meglévő trágyatőkével. Más szóval a talaj bevétele és kiadása állandó egyensúlyban áll. Ezt a módszert nagyvárosok (mint Jeddo) közelében, termékeny völgyekben, nagy országutak mentén egyaránt alkalmazzák. Növény növényt követ, trágya a trágyát. Itt a föld sokkal többet terem. A nagyvárosok és az utcai árnyékszékek többlettrágyát szolgáltatnak, mely a termés kivételével egyensúlyba kerül. Persze láttam olyan gazdaságokat is, melyek távol feküdtek a nagy utaktól (kis fennsíkokon) és nyilvánvalóan kevésbé termékeny fiatalabb kultúr-állapotnak feleltek meg.

A japán nem szeret magaslaton termelni, településeivel a völgyet részesíti előnyben. A trágyaszerzés fenn nehezebb és az utazók vagy a városok hozzájárulása is csaknem kizárt. Itt ilyenkor csak egy növényt találtam a parcellán és a sorok olyan távol álltak egymástól, hogy még egy másiknak is lett volna elegendő hely. A tág sorközöket megfelelő művelésben részesítették, ill. a friss talajt a sorokra húzták. Ezzel az adott vetésnek biztosítanak nagyobb talajtőkét, ill. a művelt területnek csak mintegy fele vesz részt a termelésben. Éppen annyi, amennyire a trágya elégséges. Ez az eljárás hatékonyabb, mintha az egymás melletti táblákat váltakozva ugarolnák. Ha nő a trágyaprodukción, a sorközöket ismét vetéssel hasznosítják. Így a művelt területnek csak 1/3-a vagy 1/4-e fekszik ugaron és végül az egész föld művelés alá kerül. Azaz megfelelő trágyaellátás esetén az egész parcella minden sora terem egész évben.

Mennyiben különbözik ez az eljárás a miénktől? Ha mi egy darab földet művelésbe akarunk vonni azzal kezdjük, hogy 3-4 termést leveszünk mindenféle trágyázás nélkül. Csak akkor trágyázunk, ha a talaj teljesen kimerült. A japán nem vesz művelés alá földet trágyakészlet hiányában, ill. az új földből is csak annyit művel meg, amennyi a trágyája. Ennek a tartósan kamatozó mezőgazdaságnak gondolkodásmódja racionalitásával tárul fel. Talán sehol másutt nem ismerhető fel olyan pompásan a különbség az európai és a japán szemléletmód között, mint itt.

Kiirtjuk az erdőt és eladjuk a fát, majd eladjuk a talajerőt három kalászos termésében. Esetleg még egy kis guanóval is segítjük a talaj kimerülését. Ezután a birtok trágyáját már egy megnövelt területre kell elosztani. Ha a japán egy darab földet művelésbe vesz (friss szûzerővel rendelkező talajt talál), semmi sem áll messzebb tőle mint megrabolni. Miközben egyensúlyba hozza a termést és a trágyát, a kiadást és a bevételt, megtartja talaja erejét. És ez minden, amire egy értelmes gazda törekedhet. (Annal. der preuss. Landwirtschaft, 1862. Januar).

Kína

Kienloong császár uralkodásának 58. évében (1793-ban) felhívást tett közzé az egész birodalomban. Minden társadalmi osztályt, a lakosság minden tagját fel-szólította, hogy az ég adományait, a természet erőforrásait őrizték meg és szor-galmukkal gyarapítsák. A népesség szaporodása a hódítás óta eltelt időszakban aggodalomra ad okot, a lakosság száma az eltartásához szükséges eszközöket felülmúlja. "A föld nem gyarapszik, míg a táplálандó népesség gyorsan növekszik." (Davis: The Chinese. London. Charles Knight et Co. 1840. p. 351.)

K. FÜGGELÉK

Spanyol mezőgazdaság

"Melyek az okai napjaink élelmiszer hiányának az egész országban? Most, békében egy font hús ugyanannyiba kerül, mint hajdanában a háború közepette egy egész ürü?" De Herrera kérdezi a spanyol mezőgazdaságról szóló könyvében, mely II. Fülöp halála évében, 1598-ban jelent meg. "A túlnépesedés nem lehet ok - folytatja Herrera - ugyanis nagy területeket találtam, melyek nem azért puszták, mert a természet megtagadta adományait. Hiányzik a népesség, mely művelné a földet és ott, ahol valamikor ezer mór serénykedett, jelenleg alig ötszáz keresztény tengeti életét."

"Egy másik ok India (Amerika) aranybehozatala. Mivel több aranyunk van forgalomban azt gondolják, hogy ugyanazért az áruért többet kell fizetni. Elfelejtik, hogy mi nem az aranyfölség, hanem az élelmiszerhiány miatt szenvedünk. Emlékeztetőül: már Amerika felfedezése előtt aranyaink kurzusa a névérték alatt állt és régóta sok alkusz tud megélni a pénznemek váltásából. Vagy a föld az, amely megpihen? kérdik sokan bölcsességük végére érve. A földnek nincs szüksége más pihenésre, mint a téli álomra. Egy emberöltő óta nem hiányoznak a téli esők, hogy felüdítsék a fiatal vetést. De hát mi az oka annak, hogy a föld, mely az értelmes gazda szorgalmát búzából 25-szörösen, árpából akár 40-szeresen is visszaadja, nem akar minket táplálni? Az őszvér az oka" - feleli Herrera.

Az őszvértenyésztés a XIII. század közepén terjedt el és azóta Spanyolország lassan pusztasággá változik. Az őszvérnek nincs ereje ahhoz, hogy mélyen szántson. A mély szántás azért fontos a spanyol földek számára, hogy a nedvesség a mélybe tudjon hatolni. Ezáltal a búza mély gyökereket ereszthet, védve a

napsütéstől. Mióta az őszvér az ökröt kiszorította, Spanyolországban csökkent a talajok termékenysége. Ahogyan a bika a termékenység szimbóluma, úgy az őszvér a terméketlenségé." (Bilder aus Spanien. K. Reiherrn von Thienen-Adlerflycht. Berlin. Duncker. 232. o.)

L. FÜGGELÉK

A forró égöv kultúrtalajai, kimeríthetőségük stb.

Minden etnográfusnak és utazó kutatónak fontos megfigyelni, hogyan alakulnak a főbb kultúrnövények hozamai eltérő talajtani és klimatikus viszonyok között, tartós trágyázás nélkül. Amióta lehetővé vált megbízható közléseket gyűjteni a forró égővről, a régen elterjedt téveszméknek is beakonyult. Mármost hogy kedvező trópusi viszonyok között a talaj kimeríthetetlen. Még az Egyenlítő legtermékenyebb vulkanikus közetein (pl. az inkák Quito fennsíkja, Imbabura, Riobamba, Cuenca stb. vidékén) is a növénytermelés a talajt fokozatosan terméketlenné tette ott, ahol nem tudták csatornákkal odajuttatni az Andok patakjaival szállított iszapot (Lodozales) a földekre. Ez a tápanyagdús vulkánikus iszap a terméssel kivont ásványi anyagokat hasonlóképpen pótolni képes, mint a guanó és az istállótrágya.

Perzsia, Azerbajdzsán, Örményország és Kis-Ázsia nagy részén az öntözőcsatornák fő funkciója valójában a völgyek földjeinek trágyázása a hóolvadáskor hegyekből lehordott ásványi anyagokkal, és csak részben a vízpótlás. A trágyázásnak ez a módja ott is használatos, ahol különben a csapadék nem hiányzik. Ez pótolja az istállótrágya hatását, mint Egyiptomban a Nilus iszapja. Ahol sem állati trágyával, sem elárasztással nem pótolják a tápanyagokat (mint pl. Tacunga és Ambato, a dél-amerikai Ecuador nagy fennsíkjának bizonyos részein), a talaj közel kerül a kimerüléshez. Az eső és a napsütés gyakori váltakozása ellenére az árpa pl. gyakran alig 2-3-szoros magot ad. Érdeklődésemre sem tudtak San Salvador és Chiriqui (Közép-Amerika) termékenyebb gazdasági káliumban és kovásvanban gazdag laza trahiton kialakult talajaikkal olyan kukoricaföldet mutatni, amelyen a harminc éves termesztés lényeges termésnövekedéssel ne párosult volna. Mindez cáfolja a trópusi talajok kimeríthetetlenségének korábbi tévhitét.

Peru nyugati partján azon vidékek terméketlenek, ahol hiányoznak a kis csatornák, melyek a száraz talajra az Andok iszapos vizét szállítják. Másutt az öntözés nyomán a talaj termékeny, mint pl. Peru és Bolivia tengerpartján és középső részein, valamint Ecuador, Új-Granada és Guatemala magasföldjeinek belsejében. A termékenységet nem csupán a víz hordozza, hanem az egyiptomi Nilus-deltához hasonlóan az az iszap, amely az Andok málló hegységéből keletkezik. Alkotórészei a patakokban részben finoman elmállva, részint kémiailag feloldva vannak. A barázdákban földekre vezetett víz a talajba szivárog vagy

elpárolog és ásványi anyagban gazdag csapadékot eredményez. Tiszta esővíz nem tenné termékennyé pl. a tacungari nagy fennsík steril horzsa-kő földjeit, ahol az Egyenlítőhöz közel kilenc hónapon keresztül csaknem mindennap esik. Az iszapos, Andokból jövő patakok hatnak termékenyítően, nem a légköri csapadék.

Peruban a guanó is tartósabb hatású, mint Angliában. A guanó K-szegénységét az Andok lejtőinek elsodort földpát és trahit alkatrészeivel feldúsult iszapos csapadék bőségesen pótolja. Hasonlóan az ősidők nagy folyóiból keletkezett termékeny löszhöz a bajor és svájci Alpok lábánál, ez a természetes ásványi trágya nagy értékű a dél-amerikai Andok országaiban. Amerika régi kultúrnépei tehát a visszapótlásnak ugyanolyan egyszerű eszközéhez jutottak, mint hasonló viszonyok között Kis-Ázsia, Örményország, Grúzia, Nyugat-Perzsia hegyes vidékein, valamint Mezopotámiában (Mossul). És ha nem tévedek, ez a módszer Tibetben is használatos.

A Kur, Araxes, Eufrates és Tigris vize tavasszal éppen olyan zavaros, iszappal vagyis földrézecskekkel terhes, mint a Nilus vagy a kelet-perzsi Herirud folyó. Utóbbi teljesen felszívják a földek és a kertek. A tapasztalat mind-két földteke régi kultúrnépeit arra tanította, hogy talajaik ily módon visszakapják azokat a hamualkotórészeket, amelyeket a városokba elszállított termékek kivontak. (Professor Dr. Moritz Wagner, lásd az Ausb. Allgem. Zeitung Nr. 36. febr. 5. és Nr. 173. 1862. jún. 22. mellékletet).

M. FÜGGELÉK

Egy terméseredmény és jelentősége

A Mezőgazdasági Minisztérium közleményéből (A Porosz Monarchia 1862. évi terméseredményei, Kölner Zeitung, 11. December, 2. Blatt) kitűnik, hogy a legtöbb növényfaj ezúttal sem adott maximális hozamot. A 10 éves átlagot búzából 1, árpból 11, zabból 17, borsóból 23, burgonyából 10 %-kal haladta meg, a rozs pedig az átlaggal egyezett. Ez az év egyike az utolsó 10 év legtermékenyebbjeinek. Gyümölcsből csaknem túltermelés jelentkezett és a mérsékelt mennyiségű must nemes bort ígért. Ennyi a híradás. Milyen következtetést vonhatunk hát le ebből az eredményből? Az 1862. év időjárása mindenben kedvezett. Az enyhe télre meleg tavasz következett, nyáron rövid ideig fújt a hideg északnyugati szél és az ősz ismét kellemes volt. A nyár rövid szeles és hideg periódusa nem ártott a terméseknek. A virágok tökéletesen megmaradtak és egy gabonaféle sem dőlt meg. Egészében véve a termés mégsem volt kiugró, inkább kisebb volt egy "normál" termésnél. Ez nem az ég befolyásán múlt. Nem kétséges, hogy a csökkenő termések oka a talaj növekvő kimerülése.

A most élő generáció nem emlékszik arra, hogy egy nagy termést megélt volna. És nem is fogja megélni. A tudósítás szerint a normál termést nagyobbban feltételezzük, mint az utolsó tíz év átlaga. A régi normál termés már csak a mesében él. Az 1862. év az utolsó tíz év átlaga fölött adott, de a tíz év legjobbika sem ért el "normál" termést. Hogy a hozamainkat ne egy fantáziaképpel hasonlítsuk össze, a normál termést minden növényfajnál lejjebb kell szállítani. Ez olyan tény, ami kézzel fogható.

A Minisztérium csupán regisztrálja a csökkenő talajerő szomorú tényeit és mint valami magától értetődőt kezeli ahelyett, hogy a folyamat megállításán gondolkodna. A földadó-szabályozás miatt most az egész ország talajminőségét, hasznosítását felbecsülik. Bármilyen kíváncsiak is a hasonló felmérések és vizsgálatok, 20 év múlva félrevezetőek lesznek, amennyiben a rablógazdálkodás módja fennmarad. A talaj gazdagsága csökkenni fog és ami ma elsőosztályú, az tíz év múlva másodosztályú lesz. Az adók azonban maradnak. Az utolsó osztályba kerülő talaj először merül ki és folyamatosan ki fogják vonni a művelésből. Már sokszáz hold földet hagytak műveletlenül, mert nem fizetődik ki a gazdálkodás. Ki trágyáz egy darab terméketlen földet Ca-foszfáttal vagy K-mal? És hol talál-ható olyan vidék, mely trágyázatlanul is terem?

Egyesek szerint a mezőgazdasági egyesületek létrejötte óta a termések már nem olyan bőségesek, mint régen. Ebben az állításban van rosszindulat, de van valami igazság is. A terméscsökkenés a dolgok természetében rejlik és nem lehet az egyesületek rovására írni. Gyűléseken a gazdák megismerik egymás eredményeit, gazdálkodásuk finomságait és azokat az eszközöket, melyekkel a talaj mélyebb rétegeit fel lehet tárni. Így pl. a legkedvezőbb vetésforgót, mely a talajt egy hónapig sem hagyja pihenni, ill. egyáltalán minden fogást és eljárást, amely a talajból az utolsó csepp P-t és K-ot is kivonja búza vagy burgonya alakjában. Ez vitathatatlan tény és ennyiben a mezőgazdasági egyesületek a talaj kimerülését gyorsítják. Azonban fényt is terjesztenek és ezáltal használnak. Sajnos a fényt nem szívesen látják, mert rávilágít arra, hogy a talaj nem kimeríthetetlen.

Minden véralkotórész (mely a növényben képződik összhangban a talajban található P mennyiségével) drágább lett. A hús, a tej, a tojás ára csaknem kétszeresére nőtt az utolsó tíz évben. Sőt a tejjel a vaj ára is emelkedett, amely nem véralkotórész. A népesség csupán mérsékelten, 6-8 %-kal szaporodott és nem magyarázhatja az erős áremelkedést. A belátóbb gazdák felismerték a bajt és képességük szerint segítenek. De mi ez a nagy többséggel szemben? Igaz, ha mindenki műtrágyát szeretne, a mesterséges trágyák nem lennének elégségesek és az ár növekedne. A csontliszt igazán nem képes a talajt gazdagítani, hisz maga is a talajerő terméke. A guanótrágyázás szerepe jelentéktelen és nagyon drága. A mezőgazdasági egyesületek feladata a megfelelő javaslatok kidolgozása, mi pusztán nyilvánosságra hozzuk ez év terméseredményeit. A hozamok arra utalnak, hogy Liebig félelmei nem alaptalanok. Tudomásul kell vennünk, hogy a tíz év közül a legjobb év sem éri el az előző évek normális átlagát.

Dr. Mohr

**Felső-Olaszország földjeinek állapotáról
E. Desor professzor (Neuchatel) leveléből**

Toscana déli részén és Perugia vidékén a búzaföldek állománya ritka és fele olyan magas, mint Lombardiában. Ez részben a pliocén hideg talajából adódik, mely itt a legelterjedtebb formáció. Mennyire meg voltam azonban lepve, mikor ugyanazt a silányságot találtam Assisi széles, kimosott völgyeiben! Jobb földművelési feltételeket, mint a Po völgyében és Assisinál, nem is lehet elgondolni. Agyag és homok helyett itt jó laza talajjal van dolgunk. A búza mégis siralmasan néz ki.

Mikor csodálkozásomat kifejeztem kísérőmnek Meneconi grófnak, ő közölte velem, hogy nem szokás a földeket trágyázni. Kevés trágyáját a gazda kizárólag a kukoricaföldekre adja. Nem csoda hát, ha ezek a szép földek átlagosan nem adnak többet, mint a mag 4-szeresét. Csak azáltal lehetséges a búzatermesztés, hogy a paraszt rendkívül igénytelen és a napszám legfeljebb 80 centime fejenként.

N. FÜGGELÉK

Dr. Pincus hereelemzései
(Száz rész légszáraz here tartalma különböző trágyázás esetén)

Növényben van	Szárban	Levélben	Virágban	Egész növényben
Trágyázatlan				
Víz	12.2	13.0	15.0	13.0
Növényi rost	39.6	15.1	16.4	28.8
Ásványi rész	5.0	11.2	6.3	7.0
Fehérje	10.2	22.1	17.6	14.7
Szénhidrát	33.0	38.6	44.7	36.6
Összesen	100.0	100.0	100.0	100.0
Táplálóanyag össz.*	43.2	60.7	62.3	51.2
Fehérje/szénhidr.arány	1:3.2	1:1.8	1:2.5	1:2.5
Magnéziumsulfát trágyázás				
Víz	13.0	14.4	12.1	13.3
Növényi rost	39.5	12.6	17.1	29.7
Ásványi rész	6.8	11.0	7.5	7.9
Fehérje	11.4	24.4	19.6	15.8

Szénhidrát	29.4	37.6	43.7	33.3
Összesen	100.0	100.0	100.0	100.0
Táplálóanyag össz.*	40.8	62.0	63.3	49.1
Fehérje/szénhidr.arány	1:2.6	1:1.5	1:2.2	1:2.1
Gipsz trágyázás				
Víz	11.8	10.7	12.2	11.6
Növényi rost	38.8	13.7	17.0	29.9
Ásványi rész	6.6	11.4	7.4	8.0
Fehérje	12.3	28.7	20.6	17.4
Szénhidrát	30.4	35.4	42.8	33.1
Összesen	100.0	100.0	100.0	100.0
Táplálóanyag össz.*	42.8	64.1	63.4	50.6
Fehérje/szénhidr.arány	1:2.5	1:1.2	1:2.1	1:1.9

* Fehérje + szénhidrát együtt

Hereanalízisek

Hamuban van	Trágyázatlan	Mg-szulfát	Gipsz
100 rész hamura számítva (%)			
Klór	1.93	1.22	1.73
CO ₂	21.43	21.75	19.17
SO ₄	1.33	2.36	3.29
P ₂ O ₅	7.97	8.49	8.87
Si-oxid	2.67	2.55	3.08
K-oxid	33.58	32.91	35.37
Na-oxid	2.12	3.03	2.73
Ca-oxid	21.71	20.66	19.17
Mg-oxid	5.87	5.27	5.47
Fe-oxid	0.94	1.22	0.94
Összesen	99.55	99.46	99.82
Szénsavmentes hamura számítva (%)			
Klór	2.46	1.56	2.14
SO ₄	1.69	3.02	4.07
P ₂ O ₅	10.14	10.85	10.97
Si-oxid	3.40	3.26	3.81
K-oxid	42.73	42.05	43.77
Na-oxid	2.70	3.87	3.37
Ca-oxid	27.62	26.40	23.72

Mg-oxid	7.47	6.74	6.77
Fe-oxid	1.20	1.56	1.16
Összesen	99.41	99.31	99.78

A növényi hamu összetételéről

A növényi hamu analízisei hiányosak és sok kérdésre nem adnak megnyugtató választ. Ugyanazon növény vagy növényi rész adatai ugyanazon vegyész elemzésekor is erősen eltérőek. A különbséget nem magyarázza sem a fajta, sem a talaj, sem pedig a klímaviszonyok. A fajták egy termőhelyen hasonló szórást mutattak, mint eltérő termőhely esetén. Eltekintve a különböző analitikai módszerektől, a hamueltérések oka részben a helytelen mintavételekkel magyarázható. Zöller 1857-ben az árpamagok analízisének azt találta, hogy a szemek összetétele változik azok fejlettségével. Az árpaszemek Weißenstefanban és részben Schleissheimben sokkal állandóbbaknak mutatkoztak, mint Bogenhausenben, ahol a magok csak részben fejlődtek ki. A hamu ingadozásai főképpen az alkáliákra, Si és Ca elemekre vonatkoztak, kevésbé a P-ra és a Mg-ra. Későbbi vizsgálatok búza és rozs esetén is megerősítették az árpánál megfigyelteket.

Arendt kövér és sovány szalmával végzett elemzéseiben hasonló eredményeket kapott (*Chemische Lebensbeschreibung der Haferpflanze*. 19. o.). A szakszerű mintavétel meghatározó olyan növénytaplálási kutatásokban, melyek tárgya pl. az egyes hamualkotórészek helyettesíthetősége a növényben, valamint relatív arányuk a különböző növekedési stádiumokban. Mivel a fejlődéssel változik a tápelemigény, a növényi részeket nem azonos időben, hanem azonos fejlettségükben kell mintázni. Bükkfalevelek vizsgálata jól mutatja (lásd: B. Függelék) az elemek akkumulációját kvantitatíve és relatíve a növekedés előrehaladásával. Még nagyobb volt a különbség az egyenlőtlenül fejlődött herénél. A here azonos talajon nőtt, azonos időben vetették és egyszerre csírázott. Az I. here mégis visszamaradt fejlődésben a fölé nyúló fa árnyékolása következtében. Zöller vizsgálatai szerint a vetés után 6 héttel és 100 °C-on szárítva a következőképpen alakult a hamu összetétele %-ban:

Mintavétel	I.	II.
Hamu %	12.07	14.37
100 rész hamu tartalmaz		
Alkáli-oxidok	54.9	36.2
Ca-oxid	14.2	22.8
Si-oxid	5.5	12.4

Látható, hogy az árnyékolt I. minta fiatalabb, fejletlenebb növényeiben még magasabb az alkáliák, ill. alacsonyabb a hamu, Ca és Si mennyisége. Az egyes

növényi szervek és szövetek összetétele eltérő. Így pl. a takarmányrépa levele különböző összetételt mutat Zöller analízise szerint: a fiatal levelek 4.62; a szívlevelek 3.26; a külső levelek 2.27; míg az egész répa 2.64 % N-t tartalmaz.

Hamutartalom a répa külső részében 12.12, míg a szívében 12.72 %. A hamu %-os összetétele az alábbi volt:

Elemek	A répa külső részében	A répa szívében
K-oxid	53.42	52.04
Mg-oxid	3.44	4.07
Ca-oxid	3.23	3.72
P ₂ O ₅	7.53	12.41
Si-oxid	0.37	1.19

A korábbi számos hamuanalízist tehát mint statisztikai adatot kell kezelni, melyből a különböző növényekre vagy növényi részekre átlagértékeket lehet számítani és kiindulási pontként felhasználni tápanyagpótlási kérdésekben. Fölöslegesnek látszik azonban a korábbi elemzések adatait egyenként feltüntetni. Az újabb elemzéseket ezzel szemben gyakran azért végezték el, hogy megismerjék az ásványi összetétel és a növényi fejlődés közötti kapcsolatokat. Közzöltünk ilyen eredményeket pl. a termőhely, fejlődési stádium, szárazanyag felhalmozás ill. anyagvándorlási folyamatokkal összefüggésben.

FÜGGELÉK

Különböző trágyaszerek összetétele

1. táblázat Az emberi ürülék szén- és homokmentes hamujának összetétele
J.B. Porter szerint (Annalen der Chemie und Pharmacie, B. LXXI. S. 109.)

Összetevők	Faeces	Vizelet
K-oxid	6.1	13.6
Na-oxid	5.1	1.3
Ca-oxid	26.5	1.2
Mg-oxid	10.5	1.3
Fe-oxid	2.5	nyom.
P ₂ O ₅	36.0	11.2
SO ₃	3.1	4.1
CO ₂	5.1	-

NaCl	4.3	67.3
Összesen	99.2	100.0

Megjegyzés: A 4 nap alatt nyert vizelet hamuja kereken 58, a faecesé 12 g-ot tett ki. A bélsár hamuja 7 % körülnek adódott két mérés átlagában.

A tehén-bélsár hamuja Haidlen szerint az alábbi összetételű:

Ca-foszfát	10.9
Mg-foszfát	10.0
Fe-foszfát	8.5
Ca-oxid	1.5
Gipsz	3.1
KCl, Cu	nyom
Si-oxid	63.7
Veszteség	1.3
Összesen	100.0

2. táblázat Az állati ürülék hamujának összetétele J.B. Roger (sertés, marha, juh, ló) és Vohl (kutya) szerint. A szárított kutyaürülék 14 % szerves és 86 % szervetlen alkotóból állott

Összetevők	Sertés	Marha	Juh	Ló	Kutya
Víz	77	82	56	77	
Szilárd rész	23	18	44	23	
Ebből hamu	37	15	13	13	86
Hamuban van:					
Si-oxid	13.2	62.5	50.1	62.4	nyom.
K-oxid	3.6	2.9	8.3	11.3	0.4
Na-oxid	3.4	1.0	3.3	2.0	0.5
NaCl	0.9	0.2	0.1	nyom.	-
Fe-foszfát	10.4	8.9	4.0	2.7	nyom.
Ca-oxid	2.0	5.7	18.2	4.6	50.1
Mg-oxid	2.2	11.5	5.4	3.8	0.1
P ₂ O ₅	0.4	4.8	7.5	8.1	40.1
SO ₃	0.9	1.8	2.7	1.8	-
CO ₂	0.6	-	nyom.	-	8.7
Homok	61.4	-	-	-	-
Összesen a hamuban	99.3	99.2	99.3	99.6	100.0

3. táblázat A vizelet összetétele Boussingault szerint, a friss vizelet ‰-ében megadva (Mémoires de chimie, T. XXII. p. 169)

Összetevők	Ló	Tehén	Sertés
Karbamid	31.0	18.5	4.9
Hippursavas-K	4.7	16.5	-
Tejsavas-K	11.3	17.2	n.m.
Tejsavas-Na	8.8	-	n.m.
K-karbonát	15.5	16.2	10.7
Mg-karbonát	4.2	4.7	0.9
Ca-karbonát	10.8	0.6	nyom.
K-szulfát	1.2	3.6	2.0
K-foszfát	-	-	1.0
P ₂ O ₅	0.0	0.0	-
NaCl	0.7	1.5	1.3
Si-oxid	1.0	nyom.	0.1
Víz + egyéb	910.8	921.3	979.1
Összesen	1000.0	1000.0	1000.0

Megjegyzés: A sertésvizelet lúgos, fajsúlya 12.5 °C-on 1.0136. Az állatot csak főtt burgonyával takarmányozták. A ló zöld herét és zabot kapott, vizeletének

fajsúlya 22 °C-on 1.0373. A tehén sarjúszenát és burgonyát evett, vizelete erősen lúgos, fajsúlya 12 °C-on 1.040.
n.m. = nem volt meghatározva

4. táblázat Az istállótrágyák összetétele Völker szerint (Journ. Agric. Soc. England, T. XVII. p. 191 und T. XVIII. p. 111) *

Összetevők megnevezése	Friss, 1854. 11. 03. Kazalban Kiszárítva		Érett, 1855. 12. 05. Kazalban Kiszárítva	
Víz	66.2	0.0	75.4	0.0
Oldható szerves anyag ¹⁾	2.5	7.3	3.7	15.1
Oldható ásványi anyag	1.5	4.5	1.5	6.0
Oldhatatlan szerves anyag ²⁾	25.8	76.2	12.8	52.2
Oldhatatlan ásványi rész	4.0	12.0	6.6	26.8
Összesen	100.0	100.0	100.0	100.1
Oldható ásványi összetevők:				
Si-oxid	.24	.70	.25	1.04
Ca-foszfát	.30	.88	.38	1.55
Ca-oxid	.01	.18	.12	.48
Mg-oxid	.01	.03	.05	.19
K-oxid	.57	1.70	.45	1.82
Na-oxid	.05	.15	.02	.14
NaCl	.03	.09	.04	.15
SO ₃	.06	.04	.06	.24
CO ₂ + veszteség	.22	.77	.10	.38
Összesen	1.54	4.55	1.47	5.98
Oldhatatlan ásványi összetevők:				
Si-oxid részben oldható	.96	2.86	1.42	.57
Si-oxid oldhatatlan	.56	1.66	1.01	4.11
Fe-oxid, Al-oxid ³⁾	.60	1.40	.95	3.85
Ca-oxid	1.12	3.34	1.67	6.78
Mg-oxid	.14	.42	.09	.37
K-oxid	.10	.29	.04	.18
Na-oxid	.02	.68	.04	.15
SO ₃	.06	.21	.06	.29
CO ₂ + veszteség	.48	1.72	1.30	5.26
Összesen	4.05	11.97	6.58	26.78
1) N-tartalom	.15	.44	.30	1.21
2) N-tartalom	.49	1.46	.31	1.26
3) P ₂ O ₅ -tartalom	.18	.53	.27	1.11

Szabad ammónia	.34	.10	.05	.19
Ammóniumsók	.88	.26	.06	.05

* Tehén, ló és disznó trágyák keveréke

5. táblázat Különböző kezelések hatása az istállótrágya összetételére Völker szerint, hosszabb állást követően (Mintavétel 1854. 02. 14-én)

Összetevők	I	II	III	IV
Oldható szerves anyag 1)	12.8	8.0	5.8	10.3
Oldható ásványi anyag	9.8	6.5	5.0	7.9
Oldhatatlan szerves anyag 2)	61.1	62.6	57.4	55.1
Oldhatatlan ásványi anyag	16.3	22.3	31.8	26.6
Összesen	100.0	100.0	100.0	100.0
Oldható ásványi összetevők:				
Si-oxid	.92	.73	1.05	.56
Ca-foszfát	.98	1.01	1.07	.49
Ca-oxid	.16	.17	.02	.07
Mg-oxid	.06	.01	.04	.07
K-oxid	3.63	2.07	1.82	3.68
Na-oxid	.62	.58	.18	.32
NaCl	.35	.18	.02	.19
SO ₃	.53	.37	.20	.28
CO ₂ + veszteség	2.57	1.35	.65	2.22
Összesen	9.84	6.48	5.05	7.89
Oldhatatlan ásványi összetevők:				
Si-oxid oldható	2.36	3.29	4.78	4.24
Si-oxid oldhatatlan	2.84	5.80	5.51	5.91
Fe-oxid, Al-oxid 3)	2.69	3.48	3.11	1.41
Ca-oxid	4.28	5.72	9.83	7.65
Mg-oxid	.10	.24	.41	.08
K-oxid	.42	.61	.27	.45
Na-oxid	.17	.12	.06	.06
SO ₃	.33	.30	.33	.38
CO ₂ + veszteség	3.07	2.32	7.48	6.46
Összesen	16.25	22.28	31.78	26.64
1) N-tartalom	.31	.53	.42	.57
2) N-tartalom	1.55	1.77	2.28	2.35
3) P ₂ O ₅ -tartalom	.59	.91	.89	.24
Szabad ammónia	.62	.67	.05	.57
Ammóniumsók	.21	1.65	.22	.18

- I Fedetlenül (szétterítve frissen), 3 hónap + 11 nap után mintavétel
 II Fedetten (szétterítve frissen), 3 hónap + 11 nap után mintavétel
 III Kazalban (szétterítve frissen), 6 hónap után mintavétel
 IV Fedetten (szétterítve éretten), 2 hónap + 9 nap után mintavétel

Az I. minta 70, a II. 67, a III. 80, a IV. 74 % víztartalommal

6. táblázat

Az 5. táblázatban közölt különböző kezelések hatása az istállótrágya összetételére Völker szerint, fontban, további mintavételek

Kezelés	1854. 11. 03.	1855. 04. 23.	1855. 08. 23.	1855. 11. 15.
Trágyaminta összes tömege				
I	2838	2026	1994	1974
II	3258	1613	1297	1235
III	1652	1429	1012	950
IV	1613	1186	1023	1003
Szárazanyagának tömege				
I	960	690	489	508
II	1102	695	734	720
III	559	286	303	327
IV	396	368	284	285
Oldható szerves anyaga 1)				
I	70	87	59	54
II	81	75	54	66
III	41	17	5	4
IV	60	26	15	11
Oldható ásványi rész				
I	44	58	39	37
II	50	55	40	55
III	25	14	6	6
IV	24	20	11	10
Oldhatatlan szerves anyag				
I	731	390	243	215
II	839	410	337	342
III	426	164	107	94
IV	207	188	127	124
Oldhatatlan ásványi rész				
I	115	156	147	202
II	132	156	303	258
III	67	91	184	223
IV	106	134	130	140

Szárazanyag %-a					
I	Friss fedetlenül	34	34	25	26
II	Friss fedetten	34	43	57	58
III	Friss kazalban	34	20	30	34
IV	Érett fedetten	25	31	28	26

Fedetten és kazlas tárolásnál csapadéktól nem védett.

6. táblázat folytatása

Kezelés	1854. 11. 03.	1855. 04. 23.	1855. 08. 23.	1855. 11. 15.
N-tartalom az oldható szerves anyagban				
I	4.2	6.1	3.8	3.6
II	4.8	4.4	3.5	5.3
III	3.3	1.2	0.6	0.3
IV	4.8	1.7	0.9	0.9
N-tartalom az oldhatatlan szerves anyagban				
I	14.0	12.1	9.4	9.4
II	16.1	14.9	13.1	13.5
III	6.2	6.5	3.5	3.6
IV	5.0	9.0	5.0	5.6
Szabad ammónia				
I	1.0	0.2	0.2	0.1
II	1.1	0.9	0.2	0.2
III	0.6	0.1	0.1	0.0
IV	0.7	0.1	0.1	0.0
Ammóniumsók				
I	2.5	1.7	0.8	0.8
II	2.9	1.6	1.3	1.8
III	1.4	0.6	0.6	0.3
IV	0.9	0.5	0.4	0.3
Összes szerves anyag				
I	801	476	302	269
II	920	485	391	408
III	467	180	112	98
IV	267	214	143	135
Összes ásványi rész				
I	158	214	187	239
II	182	210	343	312

III	92	105	191	229
IV	130	154	141	150
<hr/>				
Összes ásványi rész %-a				
I Friss fedetlenül	6	11	9	12
II Friss fedetten	6	13	26	25
III Friss kazalban	6	7	19	24
IV Érett fedetten	13	14	15	
<hr/>				

7. táblázat Az érett juhtrágya ásványi összetétele Völker szerint, %

Összetevők	Oldható ásványi rész	Oldhatatlan részek
Si-oxid	1.22	8.17
Ca-foszfát	.58	1.00
Ca-oxid	.10	.88
Mg-oxid	.17	.32
K-oxid	.38	.06
Na-oxid	.08	.06
NaCl	.02	-
SO ₃	.08	.13
CO ₂ + veszteség	.03	.42
Összesen	2.66	11.03

A trágyakupac 3 éven át volt a szabadban, esőnek és levegőnek kitéve. Tartalmazott még ezen kívül kereken 74 % vizet, 3 % oldható és 10 % oldhatatlan szerves anyagot. Az oldható szerves anyagban 0.16 %, az oldhatatlanban 0.46 % N volt.

8. táblázat Egy istállótrágya hamuösszetétele Richardson szerint, %

Összetevők	Vízoldható rész	Összetevők	Sósavoldható rész
K-oxid	3.22		

Na-oxid	2.73	Ca-foszfát	7.11
Ca-oxid	0.34	Mg-foszfát	2.26
Mg-oxid	0.26	Fe-foszfát	4.68
SO ₃	3.27	Ca-karbonát	9.34
Cl	3.15	Mg-karbonát	1.63
Si-oxid	0.04	Si-oxid	27.01
Összesen	13.01	Összesen	52.03

A hamuban volt még 30.99 % homok, 0.83 % szén és 3.14 % veszteség.

A friss trágya 65 % vizet, 25 % szerves anyagot és 10 % hamut tartalmazott.

A 100 °C-on szárított trágyákban kerekén 27 % C, 5 % H, 26 % O, 2 % N és 30 % hamu volt.

9. táblázat A trágyalé analízise Eggar (Jahresbericht von Liebig und Knopp, 49. S. 659) és Zöller szerint

Összetevők	Hamu %-ában, I.	Trágyalé 1 literében g, II.
K-oxid	43.5	2.42
Ca-oxid	2.6	.12
Mg-oxid	1.2	.41
Fe-oxid	1.7	.02
SO ₃	13.0	.35
Si-oxid	1.0	.12
CO ₂	12.3	-
P ₂ O ₅	1.1	.10
KCl	4.3	.62
NaCl	18.8	1.75
Homok	0.4	-
Összesen	100.0	5.91

I. Eggar 1 liter trágyalében (100 °C-on kiszárítva) 17.2 g szilárd maradékot talált, melyben 11.6 g hamu és 5.6 g illó alkatrész volt. Továbbá 1 liter trágyalé 5 g ammóniát tartalmazott.

II. Zöller által vizsgált trágyalé literenként 3.8 g ammóniát tartalmazott. A trágyalé ciszternák a trágyakazallal, ill. az istállóval össze voltak kötve.

10. táblázat **A guanóféleségek összetétele különböző szerzők szerint, %**

Összetevők megnevezése	Liverpool (Bertelson)	Lima (Völker)	Peru (Winkler)	Sárgásbarna (Oellacher)
Szalmiák (NH ₄ Cl)	6.5	4.2	7.0	2.2
NH ₄ -oxalát	13.3	10.6	20.7	17.7
NH ₄ -urát	3.2	9.0	-	12.2
Húgysav	-	-	6.4	-
NH ₄ -foszfát	6.2	6.0	6.5	6.9
Viaszszerű anyag	0.6	-	-	0.8
K-szulfát	4.2	5.5	4.9	4.0
Na-szulfát	1.2	3.8	-	4.9
Na-foszfát	5.3	-	-	-
MgNH ₄ -foszfát/szilikát	4.2	2.6	-	14.6
Ca-foszfát	9.9	14.3	9.4	20.2
Ca-oxalát	16.4	7.0	9.0	1.3
NaCl	0.1	-	-	0.4
Al-szilikát	0.1	-	-	8.3

NH ₄ -humát	-	-	-	1.1
Ca-karbonát	-	-	-	1.6
NH ₄ -karbonát	22.7	32.3	-	0.8
Víz	-	-	-	4.3
Maradék**	5.8	4.7	30.9	1.7
Összesen	99.9	100.0	99.8	100.0

* Ammonizált foszforsavas talkum

** Salétromsavban oldhatatlan maradék

N-tartalmú anyag 3.4

Zsír 1.6

11. táblázat A Peru-guanó összetétele Th. Way szerint, %
(Journal of the Royal Agric. Soc. of England, Vol. XVI. P II. p. 545)

Összetevők megnevezése	Minimum	Maximum	Átlag *
Víz	6.6	21.4	13.7
Szerves anyag, NH ₄ -sók	45.2	59.8	52.0
Ca-foszfát, Mg-foszfát	11.1	28.6	22.8
Alkálikus sók	3.4	16.8	9.7
Homok	0.5	9.8	1.8
P ₂ O ₅ az alkálisókban	1.0	6.2	3.3
N	11.2	17.1	13.6
N mint NH ₃ számolva	13.6	20.8	16.5

* 78 minta átlaga

12. táblázat A csendes-óceáni szigetek guanójának összetétele, %

Összetevők	Backer-guanó	Jarvis-guanó
P ₂ O ₅	40.27	17.60
Mg-oxid	2.21	0.57
Fe-foszfát	0.13	0.16
Ca-oxid	43.38	34.84
SO ₃	0.94	27.02
Cl	0.13	0.20
K-oxid	0.17	0.46
Na-oxid	0.68	0.33
Ammónia	0.07	0.04
NO ₃	0.45	0.31
Szerves anyag: N	0.86	0.53
C	3.10	2.46
H, O	3.80	3.00
Homok (oldhatatlan)	0.01	0.27
Vízvesztesség 100 °C-on	3.94	12.12
Összesen	100.13	99.92

13. táblázat

A csontok összetétele Heintz szerint
(Pogg. Annal. Bd. LXXVI, S. 267). Csonthamu %-ában

Összetevők	Ökör	Ürű	Ember	Ember
Ca-karbonát	10.07	9.42	9.06	9.19
Mg-foszfát	2.98	2.15	1.75	1.74
Ca-foszfát	83.07	84.39	85.62	85.85
Ca-fluorid	3.88	4.05	3.57	3.24
Összesen	100.00	100.00	100.00	100.02
Csont szerves anyag %-a	30.58	26.54	30.47	31.11

14. táblázat

A kereskedelmi csontliszt összetétele Lehmann szerint
(Gőzölt csontliszt, Henfeldi gyártmány, Bajorország, %-ban)

Összetevők	Legfinomabb	Finom
Ca-oxid	31.34	31.31
Mg-oxid	0.70	0.71
P ₂ O ₅	25.67	25.56
CO ₂	2.20	2.29
Szerves anyag	34.43	34.44
Víz	4.71	4.82
Homok, stb.	0.95	0.87
Összesen	100.00	100.00
N	4.40	4.40

Könyvismertetés

JUSTUS von LIEBIG

Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban (1840-1876)

Másfél évszázad mulasztását szeretnénk pótolni azzal, hogy a magyar olvasók kezébe adjuk Liebig könyvét. Az első kiadás 1840-ben jelent meg és olyan mérvű viharokat kavart tudományos körökben, melyek hatása a mai napig tart. Jelentősége és kisugárzása talán csak A fajok eredete, vagy Az ember származása c. darwini munkákhoz hasonlítható. A könyv olvasása igazi élményt nyújt és segít eligazodni a ma emberének a jelenkor globális problémáiban.

A szerző hatalmas gondolkodó, aki szintetizálta korának tudományos eredményeit. Áttekintése, műveltsége összehasonlíthatatlanul szélesebb és mélyebb kortársainál és talán a miénknél is. Mivel a természet alapösszefüggéseit tárta fel, számára együtt jelenik meg a talaj-növény-állat-ember, amit ma táplálékláncnak nevezünk. Egységében vizsgálja a légkör-földkéreg-víz-élőlények anyagforgalmát, bár nem nevezi bioszférának. A fordítás alapjául az 1876. évi utolsó, Zöller közreműködésével átdolgozott IX. kiadás szolgált. Ebben Liebig kritikusan értékelte az első kiadás óta eltelt negyedszázad tudományos vitáinak eredményét és megírta a "Bevezetés" mintegy 60 oldalas fejezetét, alapos tudománytörténeti visszapillantást nyújtva.

Ahhoz, hogy a könyv a mai olvasó számára közérthetővé és élvezetessé váljon, alapos átdolgozást igényelt. A szövegű nyers fordítást dr. Thamm Frigyesné és részben dr. Balla Alajosné végezte. A szerkesztő dr. Kádár Imre a nyers fordítást összevetette az eredetivel és megkísérelte a mai nyelvre átültetni. A bonyolult, régies stílus, nevezéktan szinte követhetetlené tette volna a mondanivalót. A kor sallangjait lefejtve, ismétléseket elhagyva, a ma beszélt nyelvre átültetve a terjedelem 30-40 %-kal csökkent. A végleges változatot dr. Sarkadi János lektorálta, majd dr. Pintér Nándorné szerkesztette. A könyvön e kis csapat kisebb megszakításokkal 3 éven át dolgozott. A kiadvány ajánlott tankönyvi segédlet egyetemek és főiskolák természettudományi karain. Alapvető forrásként kézikönyvül szolgálhat a biológia, agronómia, kémia, geológia és ökológia művelői, ill. mindazok számára, akik a természet- és történettudományok iránt érdeklődnek.

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, 1022. Budapest, Herman Ottó út 15.

Postacím: 1525. Budapest, Pf. 35. Tel. és fax: (06-1) 155 8491